T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

MAKİNE TEKNOLOJİSİ

MAKİNE KURMA – 1

Ankara,2014

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 2
1. MAKİNE KURMA TALİMATI 2
1.1. Kullanma Kılavuzları 2
1.2. Çalışma Kuralları 6
UYGULAMA FAALİYETİ 9
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 10
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 11
2. MAKİNE KURMA YERİ 11
2.1. Atölye Yerleşim Planı 11
2.2. Atölye Çalışma Ortamı 15
2.2.1. Aydınlatma 15
2.2.2. Isıtma ve Havalandırma 17
UYGULAMA FAALİYETİ 20
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 22
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 23
3. MAKİNE ATÖLYESİNİN ALTYAPISI 23
3.1. Yerleşim Planı 23
3.2. Elektrik Tesisatı 26
3.3. Basınçlı Hava Tesisatı 27
UYGULAMA FAALİYETİ 30
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 31
ÖĞRENME FAALİYETİ-4 32
4. MAKİNEYİ YERİNE YERLEŞTİRME 32
4.1. Nakliye Emniyetleri 32
4.2. Makine Yerleşimi 35
UYGULAMA FAALİYETİ 37
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 38
ÖĞRENME FAALİYETİ-5 39
5. ELEKTRİK MOTORLARI 39
5.1. Motorların Tanıtılması 39
5.1.1. Bir Fazlı Motorlar 39
5.1.2. Üç Fazlı Asenkron Motorlar 46
5.1.3. Servo Motorlar 57
5.1.4. Step Motor 71
5.2. Bağlantı ve Klemenslerin Tanıtılması 90
5.2.1. Motor Klemens Bağlantıları 91
5.3. Motorlarda Sigorta Seçimi 95
5.4. Motorlarda Rulman Sökülmesi ve Takılması 96
5.4.1. Rulmanlı Yataklar 96
5.5. Bir ve Üç Fazlı Motorlarda Arızalar ve Giderme Yolları 104
5.5.1. Kolektörsüz Motorlarda Meydana Gelen Arızalar 104
5.5.2. Kolektörlü Motorlarda Meydana Gelen Arızalar 105
UYGULAMA FAALİYETİ 107

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 112
MODÜL DEĞERLENDİRME 117
CEVAP ANAHTARLARI 118
KAYNAKÇA 121

AÇIKLAMALAR

ALAN	**Makine Teknolojisi**
DAL/MESLEK	**Makine Bakım Onarım**
MODÜLÜN ADI	**Makine Kurma -1**
MODÜLÜN TANIMI	Makine kurma talimatı, makine kurulma yeri, makine altyapısı ile makineyi yerine yerleştirme ve elektrik motorlarıyla ilgili bilgi ve becerilerin verildiği öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Makine ve donanımını kurmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Gerekli ortam sağlandığında makineyi tekniğe uygun olarak kurabileceksiniz. **Amaçlar** 1. Makinenin kurma talimatını inceleyebileceksiniz. 2. Makinenin kurulacağı yeri belirleyebileceksiniz. 3. Makinenin alt yapısını hazırlayabileceksiniz. 4. Makineyi yerine yerleştirebileceksiniz. 5. Elektrik motorlarının bakımını yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** laboratuvarlı sınıf ve atölye **Donanım**: Projeksiyon, tepegöz, bilgisayar
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

İnsan işinde alet kullanmaya başladığında iş daha hızlı, daha güvenli ve kolay yapılmaya başlandı. Bunun farkına varan insanoğlu önce basit sonra büyük makineler yaptı.

Geçmişe bakıldığında insanoğlunun hayatının makineleşme ile kolaylaştığı ve makineleşme ile refaha erişildiği görülmektedir. Dünya üzerinde gelişmiş milletlere bakıldığında bugünkü duruma gelmelerindeki en önemli unsurun makineleşme ve devamında sanayileşme olduğu kolayca görülür. Atatürk'ün hedef olarak gösterdiği muasır medeniyet seviyesine çıkması için çok çalışmalıyız. Günümüzde çalışmak beyin ve beraberinde makineler ile olmaktadır.

Makineleşmede sadece makineye sahip olmak yeterli değildir. Makineye sahip olmanın yanında makineyi tekniğine uygun nakletmek, doğru şekilde kurmak, güvenli olarak zemine bağlamak ve üretici tavsiyelerine göre çalıştırmak da gereklidir.

Bu modül size yukarıdakilerin ışığında makinenin tanımını, makine çeşitlerini, makineyi kurmaya yarayan elemanları, zemine güvenli bir şekilde bağlamayı öğretmek amacı ile hazırlanmıştır.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

Tekniğe uygun olarak makine kurma talimatını uygulayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Atölye ya da evinizdeki makinelerin kullanma kılavuzlarını inceleyiniz.

1. MAKİNE KURMA TALİMATI

1.1. Kullanma Kılavuzları

Makineleri kullandıkça yeni ve daha karışık makinelere ihtiyaç duyulmuştur. Üretimin seri, ekonomik ve kaliteli olması isteği de üzerine eklenince çeşitli ve birbirine alternatif çok sayıda makine icat edilmiştir. Ayrıca bu makineleşme ihtiyacı doyuma ulaşmadan sürekli artarak devam etmektedir.

Etrafa, atölyeye, iş yerine ve medyaya dikkatlice bakıldığında her iş için çok çeşitli makineler üretildiği görülür. Bu makineler incelendiğinde hepsinin farklı bir yapıda ve özellikte olduğu, çalışma prensiplerinin değişik ve karışık olduğu kolayca fark edilebilir.

Resim 1.1: Torna tezgâhı, CNC freze tezgâhı, sütunlu matkap ve tekstil makinesi

Resim 1.1 incelendiğinde sanayide en çok kullanılan makinelerin bile birbirlerinden ne kadar farklı olduğu görülüyor. Hatta aynı işi yapan makineler bile çok farklı olabilmektedir. Bu da bize her makinenin farklı yapı, değişik çalışma sistemi, değişik kullanım şekli, değişik üretim biçimi kendine özgü bakımı ve farklı bir kurulumu olduğunu gösterir. Bütün bu farklılıklar, her makine için hatta her model için ayrı bir kullanma kılavuzu gerektirmiştir.

Resim 1.2: Kullanma ve tanıtma kılavuzu örneği

- **Tanıtma ve kullanma kılavuzu:** İmalatçı, üretici veya ithalatçıların imal ve/veya ithal ettikleri sanayi malları için düzenlenen ve malın tanıtım, kullanım, bakım ve basit onarımına ait bilgileri kapsayan belgedir.

Kullanma kılavuzları, 4077 sayılı Tüketiciyi Koruma Kanununun 31. maddesi ve 4822 sayılı kanunun 14. maddesine dayanarak Sanayi ve Ticaret Bakanlığının, Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu Uygulama Esaslarına dair yönetmeliğine göre hazırlanır.

Tanıtma ve kullanma kılavuzları Türkçe olmalı ve ürün ile birlikte satılmalıdır. Bu yönetmeliğe göre tanıtma ve kullanma kılavuzlarında;

- İmalatçı, üretici veya ithalatçı firmanın unvanı, adresi ve telefon numarası,
- Bakım, onarım ve kullanımda uyulması gereken kurallar,
- Taşıma ve nakliye sırasında dikkat edilecek hususlar,
- Kullanım sırasında insan veya çevre sağlığı açısından tehlikeli veya zararlı
- olabilecek durumlara ilişkin uyarılar,
- Kullanım hatalarına ilişkin bilgiler,
- Özellikleri ile ilgili tanıtıcı ve temel bilgiler,
- Tüketicinin kendi yapabileceği bakım, onarım veya ürünün temizliğine ilişkin bilgiler,

- Periyodik bakım gerektirmesi durumunda, periyodik bakımın yapılacağı zaman aralıkları ile kimin tarafından yapılması gerektiğine ilişkin bilgiler,
- Bağlantı ve montajının nasıl yapılacağını gösterir şema ile bağlantı ve montajının kimin tarafından yapılacağına (tüketici, yetkili servis) ilişkin bilgiler,
- Bakanlıkça tespit ve ilan edilen kullanım ömrü,
- Varsa standart numarası,
- Servis istasyonları ile yedek parça malzemelerinin temin edilebileceği yerlerin ismi, adres ve telefon numaraları veya çağrı merkezleri gibi diğer erişim bilgileri bulunmalıdır.

Malın teknik özelliği ve/veya tüketicinin kullanımda karşılaşacağı kolaylıklar da dikkate alınarak yukarıda belirtilen bilgilerin işaret ve/veya şekil çizmek suretiyle açık olarak anlatılması hâlinde ayrıca yazılı bir metin aranmaz.

Ancak aşağıdaki ürünlerde kullanma kılavuzu ile satılma zorunluluğu yoktur.

- Her çeşit metal, PVC, polietilen ve benzeri plastik boru ve bağlantı parçaları ile cıvata, kelepçe, vida, saplama, somun, çivi, pim ve benzeri bağlama elemanları,
- Kâğıt, silgi, kalem ve benzeri kırtasiye malzemeleri,
- Kürek, bel, kazma, tırmık, el arabası ve benzeri tarım aletleri,
- Mendil, kemer, pantolon askısı, düğme, fermuar ve benzeri giyim aksesuarları,
- Tuğla, kiremit, briket gibi inşaat malzemeleri ile dökme olarak satılan çimento, kireç, kum, çakıl, kömür ve benzeri mineral ve ürünler,
- Çatal, kaşık, kepçe, bıçak, tabak, bardak ve benzeri mutfak eşyaları ile makas, vazo ve saksı gibi ev eşyaları,
- El sanatları, kuyumculuk ve benzeri diğer sanatsal ürünler.

Malın özelliğine ve tüketiciye sunuluş şekline göre ambalaj içerisinde satılan ve ambalajında özellikleri ve kullanım şekli belirtilen;

- Makine yağı, antifriz, hidrolik yağı, kibrit, gübre, tiner, vernik, boya incelticileri, kozmetik ve diğer kimyevi ürünler,
- Boya, çimento, kireç ve benzeri ürünler,
- Yiyecek ve içecek gıda maddeleri,
- Temizlik maddeleri,
- Kömür ve benzeri yakacak maddeleri

Tanıtma ve kullanma kılavuzu, mal ile birlikte ayrıca verilir. Ancak, malın özelliğine ve tüketiciye sunuluş şekline göre ambalajının üzerine yazılabilir veya eklenebilir. Ayrıca tüketicinin tercihine göre CD veya disket gibi elektronik ortamda da hazırlanabilir.

Kullanma kılavuzlarının içinde yer alan konular, kılavuzun başındaki içindekiler kısmında sayfa numaraları ile birlikte verilir.

Kullanma kılavuzlarındaki bilgiler sadece bakım ve tamirat için değil teslim almada da gereklidir. Teslim alma komisyonları malları kılavuzdaki bilgilere göre teslim alır. Özellikle avadanlıklar kısmına dikkat edilmelidir. Avadanlıklar farklı ambalajlara konabildiğinden eksiklik yaşanabilmesi mümkündür.

Makine üreticileri her makineyi hatta bir makinenin farklı modellerini bile değişik özellikte üretir. Bunu yapmalarındaki amaç üretimdeki çeşitlilik ve yapılacak işlerdeki farklı özelliklerdir. Beyaz eşya satan bir mağazaya girildiğinde aynı markadan, birbirine çok benzeyen ama özellikleri farklı makineleri görülebilir.

Resim 1.3: Aynı model fakat farklı özellikte iki torna tezgâhı

Resim 1.3 dikkatle incelendiğinde aynı marka ve aynı modelde iki torna tezgâhı görülür; fakat daha dikkatli bakıldığında boyutlarının farklı olduğu kolayca görülür. Ancak iki tezgâh arasındaki fark sadece boyut farkı değildir. Tezgâhların diğer birçok özellikleri de birbirlerinden farklıdır.

Resim 1.3' teki tezgâhlardan ilkinin kızak boyu 3140 mm, diğerininki 2140 mm'dir.

İlk tezgâhın kapladığı alan 1100x3480 mm iken diğeri 1100x2480 mm'lik bir alan kaplamaktadır. Bunların yanında birçok özellikleri de farklıdır. Bu özellikler dikkatli ve detaylıca ancak kullanma kılavuzlarındaki teknik özellikler kısmından öğrenilebilir.

Tablo 1.1 bu konudaki en güzel örnektir. Tabloda bir torna tezgâhının tercihinde, kontrolünde ve incelenmesinde gerekli bütün konular vardır.

Tezgâhlar dikkatli incelendiğinde bunların üretim kapasitesi ve elektrikle ilgili özellikleri ve nakliye konularındaki bütün sorulara cevaplar bulunmaktadır.

Üretim yapılacak atölye ya da iş yerine alınacak olan tezgâhın seçiminde makine özellikleri çok önemlidir. Yapılacak üretim amacına uygun seçilen tezgâh hem ekonomik hem de verimi yüksek olacaktır.

Makine üreticileri makineleri özel ve genel amaç için olmak üzere iki çeşit üretir. Seri ve sürekli üretim için özel makineler üretilir. Bunların üretim çeşit ve ölçüleri sınırlıdır fakat genel amaçlı makinelerde her iş birçok ölçüde yapılabilmektedir.

İş yerinde üretim şekline göre tezgâh seçilmelidir. Üretim seri ve sürekli ise her iş için ayrı bir makine düşünüleceğinden özel amaçlı makineler alınmalıdır. Bu hem kurulum hem de işletim maliyetini düşürdüğü gibi üretim maliyeti, kalitesi ve işçi istihdamını da kolaylaştırır. Böyle tezgâhlar sadece bir iş yapar; fakat o işi daha ekonomik olarak üretir; çünkü tezgâhın üretim aşamasında bütün hesaplar ve tasarımlar en ekonomik şekilde bir iş için düşünülmüştür.

İş yerinde üretim çeşitli ve düzensiz ise seçilecek tezgâh genel amaçlı (üniversal) olmalıdır. Böylece bu tezgâhta değişik ölçü ve özellikte üretim yapılabilecektir; fakat böyle tezgâhlar hem kurulum sermayesi hem de işletim maliyetleri açısından bakıldığında ekonomik olmaz. Çünkü böyle tezgâhların imalatında yapacağı en büyük işe göre tasarımı yapıldığından en küçük işler için dahi en büyük iş masrafı oluşturacaktır.

UT-43 Üniversal Torna Tezgâhının Ana Ölçüleri ve	
Punta yüksekliği	240 mm
Puntalar arası	1250 mm
En büyük iş parçası çapı	450 mm
Siport üzerindeki en büyük iş parçası çapı	225 mm
İş mili	
Mil devri kademe sayısı	16
Devir sayısı	16-1430d/dk.
İş mili kafası	No 6
İş mili çapı	40 mm
İş mili iç koniği	5 mors
Punta	
Punta hareket miktarı	175 mm
İlerlemeler	
Boyuna ilerleme sayısı	20
Enine ilerleme sayısı	16
Vidalar	
Metrik vida sayısı	69
Modül vida sayısı	48
Whitworth vida sayısı	120
Pitch vida sayısı	120

Tablo 1.1: Bir torna tezgâhının özellikleri

1.2. Çalışma Kuralları

Çok çeşitli makinelerin olması özelliklerinin de farklı olması anlamına gelir. Her değişik marka ve modelin farklı çalışma sistemleri vardır.

İlk makineler mekanik sistemlere göre yapılmışlardır. Zamanla mekanik sistemlere elektrik, elektronik, hidrolik ve pnömatik sistemler eklenmiştir.

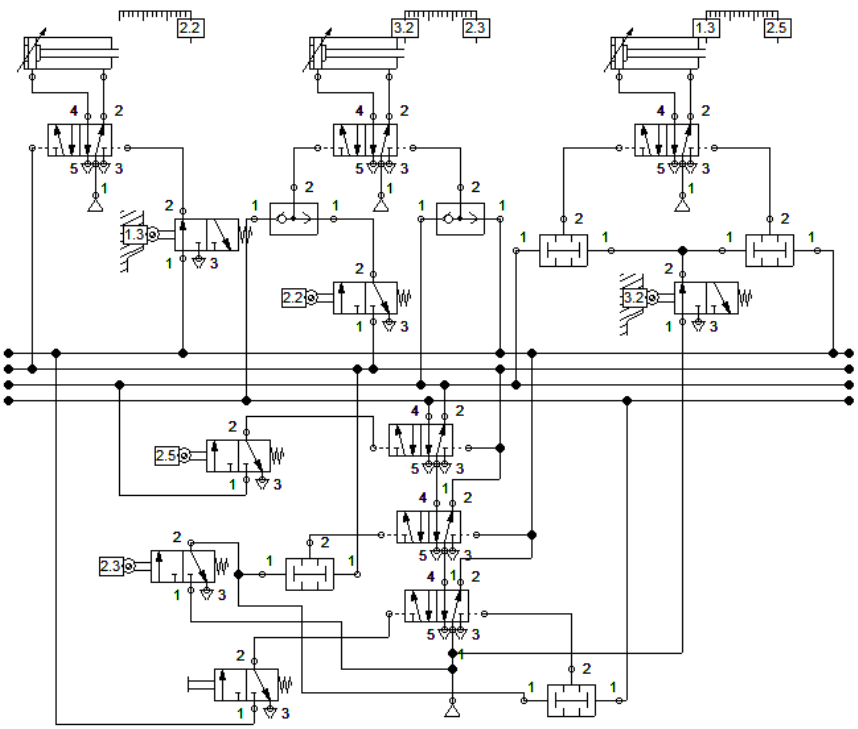
Günümüz makinelerinde bu sistemlerden biri veya aynı anda birkaçı bulunmaktadır. Makinecilikte güvenli ve verimli çalışmak için öncelikle makine tanınmalıdır.

Gerek makinelerin düzenli bakımları ve gerekse tamiratları için makinelerin çalışma prensiplerinin iyi bilinmesi gerekir. Makinelerin çalışma prensipleri, kullanma kılavuzlarında resim ve açıklamalar ile verilir.

Mekanik sistemler genellikle dişli, vida, zincir dişli, sonsuz vida sistemi ve kayış kasnak sistemleridir.

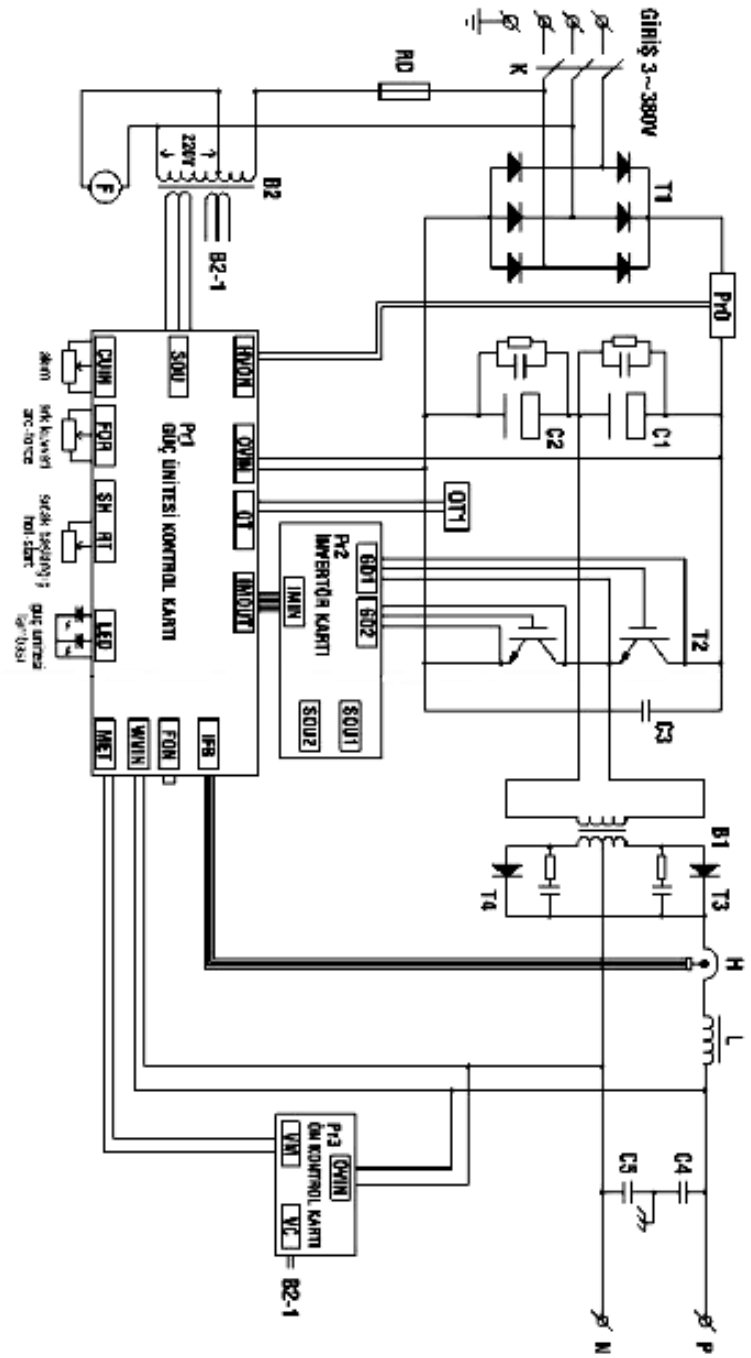
Şekil 1.1: Kayış kasnak, dişli ve vida somun sistemleri

Hidrolik ve pnömatik sistemler basınçlı sistemlerdir. Bu sistemler pompa, kompresör, silindir, yön kontrol valfleri ve hortumlardan ibarettir.



Şekil 1.2: Kullanım kılavuzundan örnek pnömatik devre

Elektrik ve elektronik devreler kumanda, kontrol ve elektrik motoru tahrik sistemleridir. Bu sistemlerin kurum, bakım ve tamiratları elektrik ve elektronik uzmanları tarafından yapılır.



Şekil 1.3: Kullanım kılavuzundan örnek elektrik şeması

UYGULAMA FAALİYETİ

Atölyenizde bulunan makinelerin kullanma kılavuzlarını inceleyiniz. Arkadaşlarınızla yorumlayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Kullanma kılavuzunda tezgâhın tanıtım kısmını dikkatlice okuyunuz.	➢ Atölyedeki bir tezgâha ait bir kullanma kılavuzu bulunuz.
➢ Tezgâhın özelliklerini kılavuzdan bulup inceleyiniz.	 ➢ Kılavuzun içindekiler kısmından **teknik özellikleri** sayfasını bulunuz.
➢ Kullanma kılavuzundan tezgâhın çalışma prensiplerini bulup inceleyiniz.	➢ Kılavuzun içindekiler kısmından tezgâhın teknik resimlerini bulunuz.
➢ Tezgâhın garanti şartlarını inceleyiniz.	➢ Kılavuzun içindekiler kısmından garanti konusunu bulunuz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna **(X)** işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1	Kılavuzda olması gerekenleri sıralayabildiniz mi?		
2	Kullanma kılavuzunu seçebildiniz mi?		
3	Garanti konusunu yorumlayabildiniz mi?		
4	Teknik özellikler kısmını bulabildiniz mi?		

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. İmalatçı – üretici veya ithalatçıların imal ve/veya ithal ettikleri sanayi malları için düzenlenen ve malın tanıtım, kullanım, bakım ve basit onarımına ait bilgileri kapsayan belgeye ne ad verilir?
   A) Senet
   B) Sipariş formu
   C) Kullanma kılavuzu
   D) İrsaliye

2. Aşağıdakilerden hangisi kullanma kılavuzunda yer almaz?
   A) Malın fiyatı
   B) Garanti belgesi
   C) Teknik özellikleri
   D) Kullanım hatalarına ilişkin bilgiler

3. Kullanma kılavuzu neden zorunludur?
   A) Rekabet için
   B) Kanun gereği
   C) Etik açıdan
   D) Sürümden kazanmak için

4. Düzenli bakım ve tamirat için kullanım kılavuzunun hangi kısmından faydalanılır?
   A) Garanti konusu kısmından
   B) İçindekiler kısmından
   C) Teknik bilgiler ve bakım kısmından
   D) Nakil ve ambalaj kısmından

5. Çalışma prensipleri neden gereklidir?
   A) Tezgâhı daha kolay tanımak için
   B) Nakliye için
   C) Teslimat için
   D) Reklam için

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

AMAÇ

Tekniğe uygun olarak makine kurma yerini belirleyebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- İş yerimiz ya da atölyemizdeki tezgâh ve makinelerin yerleştirilme düzenlerini gözlemleyiniz.

2. MAKİNE KURMA YERİ

2.1. Atölye Yerleşim Planı

İş yeri ve Atölyelerde tezgâhları yerleştirme şekli dolaylı olarak üretimi etkileyen bir faktördür. Uygun yerleştirilmemiş makine ve tezgâhlar, zaman ve emek kaybı sebebi ile üretimin üzerine fazladan bir maliyet getirir.

Düzensizlik, maliyetin yanında yönetim ve denetim konularının da aksamasına yol açabilir. Atölye ve iş yerlerinde tezgâhın düzensiz yerleşimi alan kaybına sebep olacağı gibi en büyük zararı da çalışanların sağlığı görür.

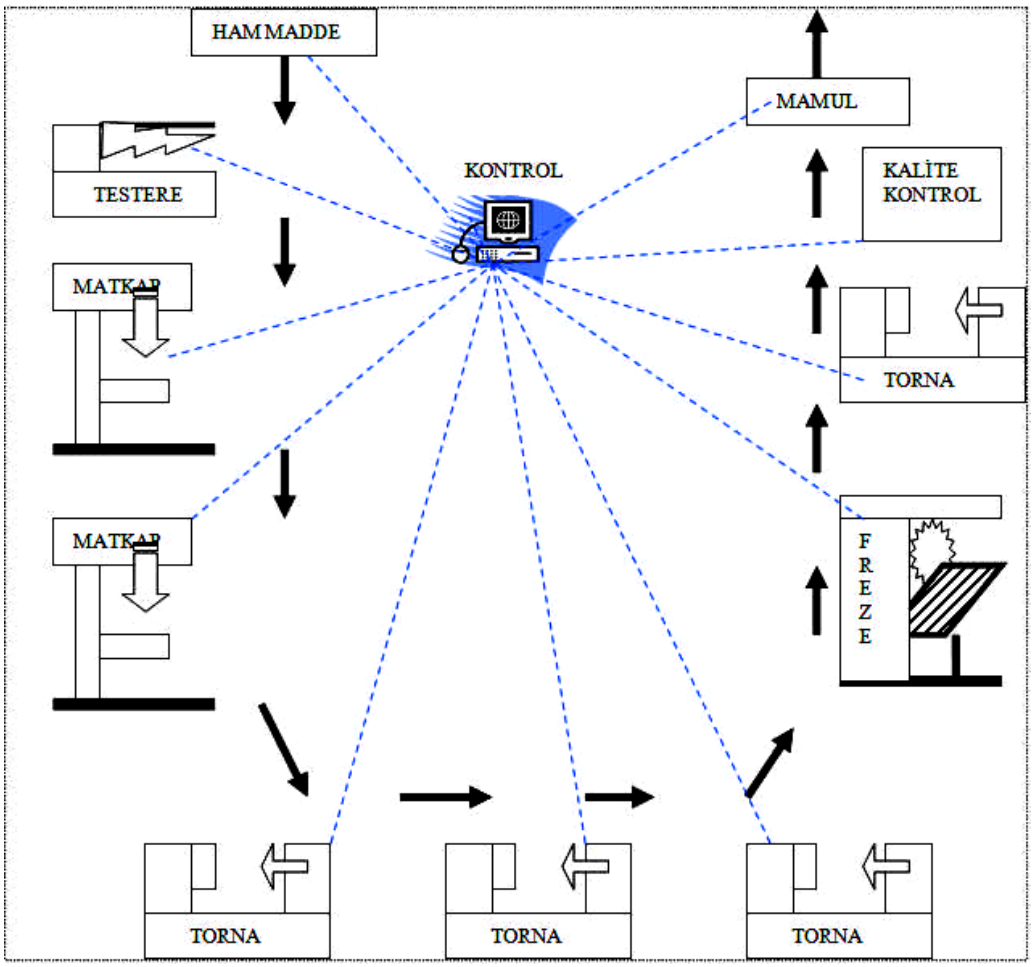
Atölye ve iş yerlerinde tezgâh ve makine yerleşimi üç başlık altında incelenir:

- **Üretim Sistemi Esaslı Yerleşim**

Bu sistemde amaç, atölyeye giren ham madde ya da yarı mamulün atölye içerisinde en az dolaşarak üretiminin tamamlanmasıdır.

Tezgâhlar yerleştirilmeden önce ürün ve üretim şekli belirlenir. Belirlenen üretim şekline göre tezgâhların yerleri tespit edilir. Bu sisteme günümüzde bant ya da otomasyon sistemi de denmektedir.

Günümüzde elektronik ve bilgisayarın da üretime katılması ile bu sistemin üretimi ve denetimi bir merkezden yapılabilmektedir. Bu da ani müdahale sebebiyle kaliteyi dolaylı olarak da işletme ekonomisini etkilemektedir.



Şekil 2.1: Üretim sistemi esas alınan yerleşim şekli örneği

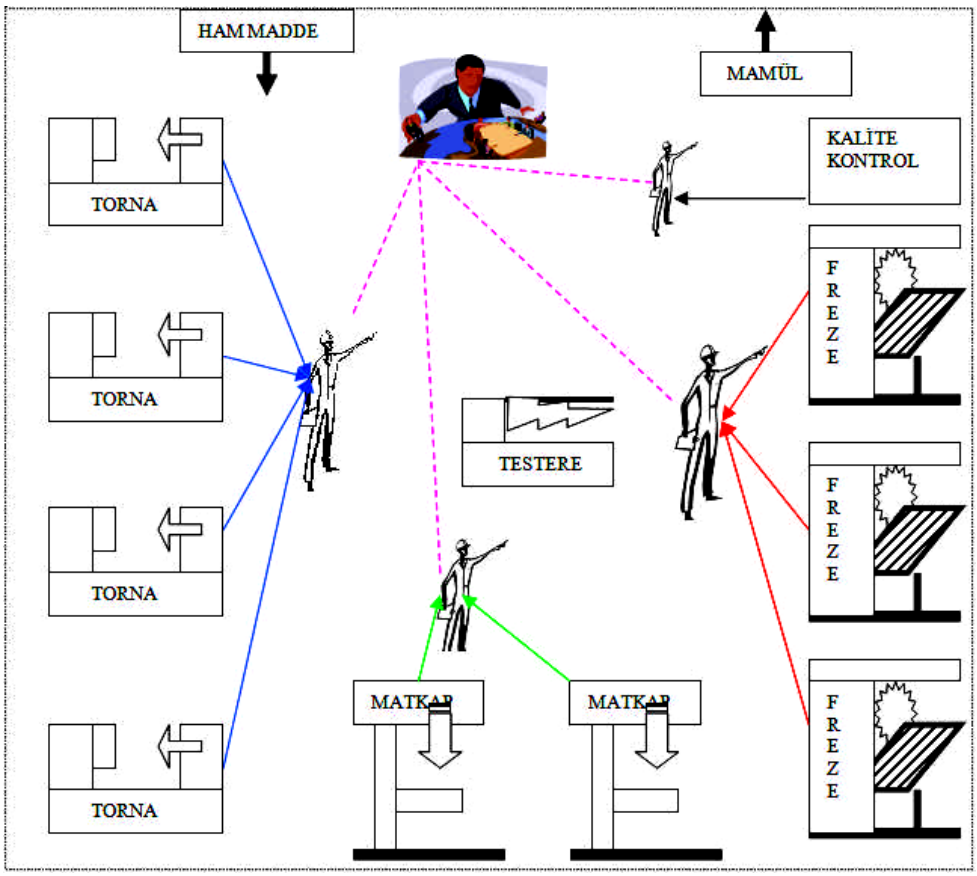
Sisteme bazı atölyeler de taşıma bandı eklenerek malzemenin tezgâhlar arası taşınması daha düzenli, tertipli ve ekonomik hâle getirilebilir. Böylece atölye içeresinde taşıma araçlarına ve taşıma işçilerine gerek kalmayacağı gibi çalışanları rahatsız edici bir hareketlilik ve koşuşturma da olmayacaktır.

Günümüzde seri üretim yapan birçok işletme, bu çeşit yerleşimi tercih etmektedir. Tercih sebebi olarak da bütün bu iyi yönlerin sonunda işletme ekonomisine fayda sağlamasıdır.

Sistemin faydalı yönlerinin yanında zararlı yönü de unutulmamalıdır. Bu sistemde ürün ve üretim şekli değişimi yapmak zaman ve masraf gerektirmektedir. Bu sebeple böyle bir sistem için büyük miktarda üretim kararı almak gerekir.

➢ **Makine Esaslı Yerleşim**

Makine esaslı yerleşim genellikle eğitim kurumlarında ve kamuya ait iş yerlerinde görülmektedir.

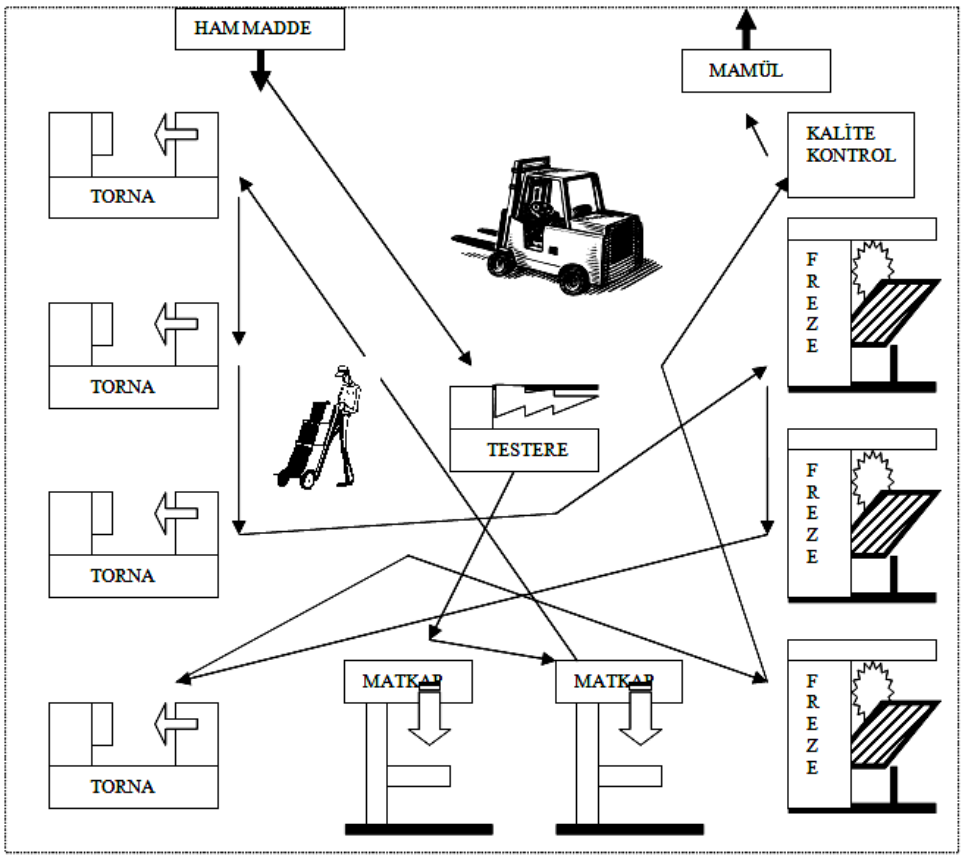


Şekil 2.2: Yerleşim planı

Bu yerleşim şeklindeki amaç, aynı tür makine ve tezgâhları bir araya toplayıp bunları bir kişinin sorumluluğunda yönetmektir. Böylece hiyerarşik sıraya göre yönetici, sorumluluğunu alt kademeye dağıtmış olacaktır.

Bu sistemin en büyük özelliği, ürün ve üretim şeklinin kolayca yapılabilmesidir. Seri üretim hedeflemeyen atölyeler için en uygun yöntem olup üretim değişikliği ek bir masraf gerektirmez.

Seri üretime uygun olmayan bu sistemde atölyeye giriş yapan ham madde veya yarı mamul atölye içerisinde çok fazla dolaşır. Bu da hem karışıklıklara hem de atölye içi taşıma için yeni bir elaman ve taşıma makineleri almayı gerektirir.



Şekil 2.3: Tezgâh yerleşim planı

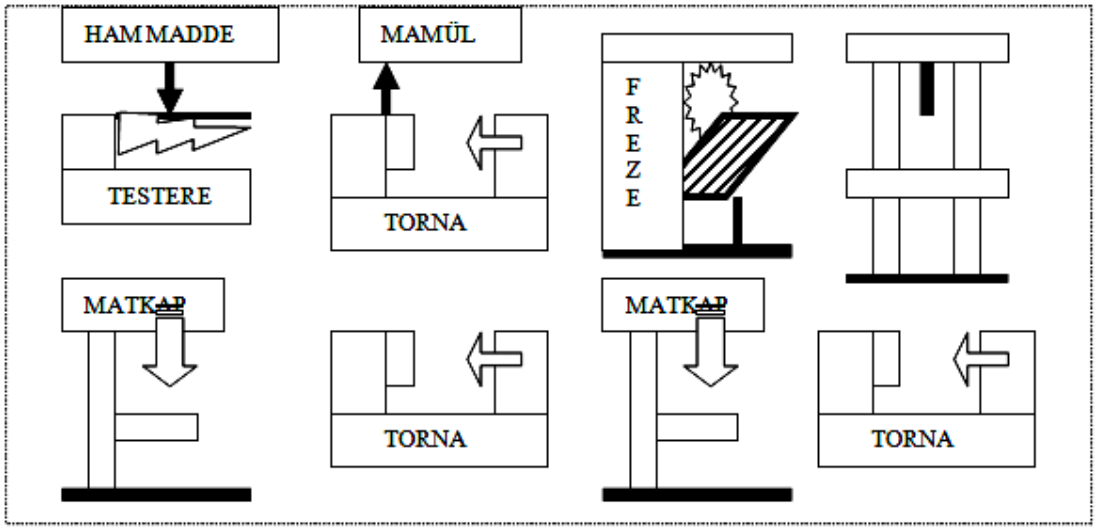
Şekil 2.3 dikkatlice incelendiğinde tezgâh yerleşiminin düzeni göze hoş gelmektedir. Ancak bu şekil üzerine işlem gören ham maddenin atölye içi dolaşma yolları çizilmemiştir. Eğer bu dolaşım yolları çizilmiş olsa idi aşağıdaki şekil ortaya çıkacaktı. Bu da bu sistemde seri üretimin ne kadar zor olacağını çok iyi anlatmaktadır.

- **Mekân Esaslı Yerleşim**

Küçük ve orta ölçekli işletme ile küçük atölyelerde yer sıkıntısı sebebi ile genellikle yukarıda sayılan yöntemlerin dışında mekân esas alınarak yapılan yerleştirmedir.

Bu yöntemde amaç, dar olan iş yerine mümkün olduğu kadar fazla makine yerleştirmektir. Bu yerleştirmede atölye içi malzeme akışı çok karmaşık olacağından hata ve yanlışlar çok olacaktır.

Ayrıca çalışanların iş güvenliği göz önüne alındığında bu yerleşim şeklinin uygun olmadığı görülmektedir.



Şekil 2.4: Mekân esaslı atölye yerleşimine örnek

Yer esas alınarak yapılan bu yerleştirmede ürün ve üretim şekli değişiklikleri çok kolay ve çabuk olacağı gibi fazladan bir maliyet getirmeyecektir.

Yukarıda anlatılan yerleşim şekillerinden birinin seçilebilmesi için ürünün, üretim şeklinin, makine ve tezgâhların, hedef ürün adedinin ve yönetim şeklinin iyi bilinmesi gereklidir.

2.2. Atölye Çalışma Ortamı

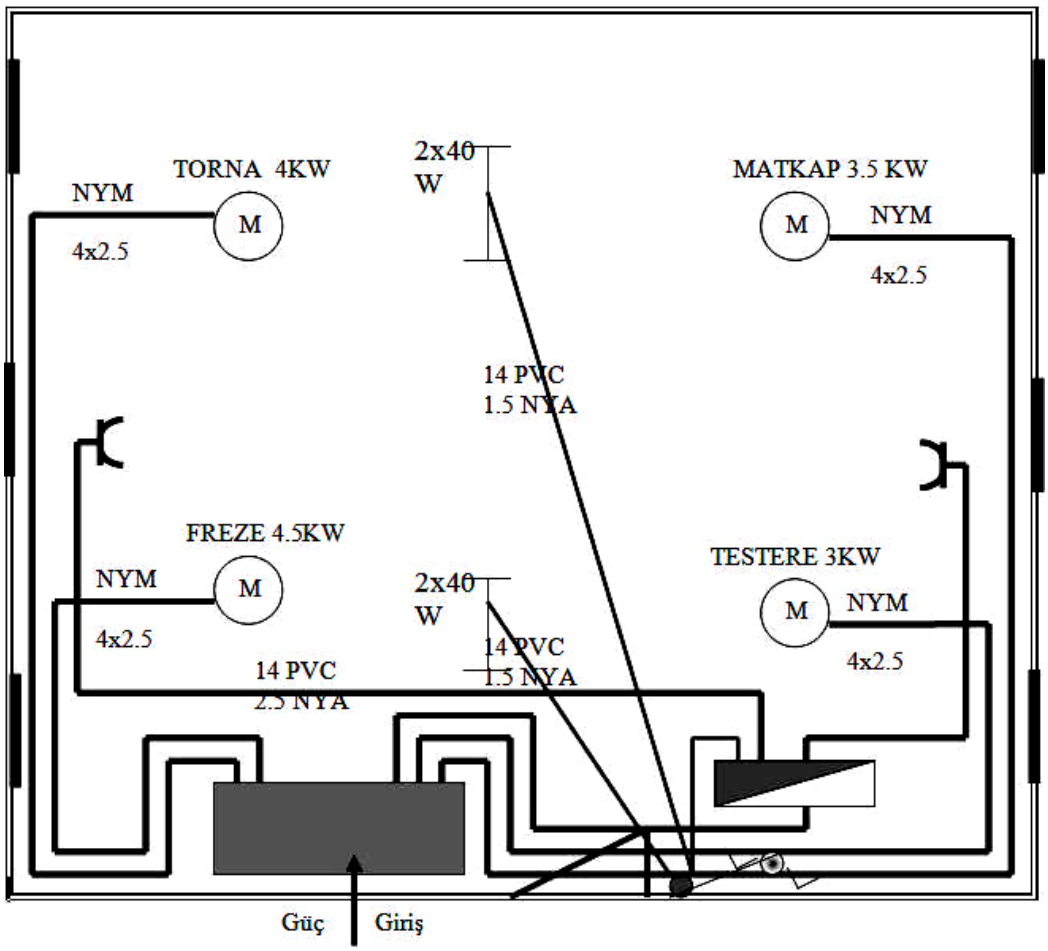
Atölye ve iş yerlerinde çalışma ortamı, verimliliğe doğrudan etki etmektedir. Bir çalışan iş yerinde ne kadar sağlıklı bir ortamda çalışır ise o kadar verimli olacaktır.

Sağlıklı bir ortam, uygun aydınlatma, ideal ısı ve temiz hava ile sağlanır.

2.2.1. Aydınlatma

Aydınlatma, hem çalışanın göz sağlığı hem de üretimin hassasiyeti açısından çok önemlidir. Loş bir ortamda çalışanın gözleri normalden fazla yorulacağı gibi iş güvenliği açısından da tehlike arz edecektir. Yapılan işin hassas bir üretim olması hâlinde bu olumsuzluklara hatalı üretim de eklenecektir.

Atölye aydınlatmaları elektrikçiler tarafından yapılmalı ve usulüne uygun projeler uygulanmalıdır. Proje çizimlerinde binanın yapısına doğal aydınlatmasına ve tezgâhların özelliklerine dikkat edilmelidir.



Şekil 2.5: Aydınlatma projesi örneği

Proje çizim esnasında makinelerin dönen kısımları, kontrol panelleri, ürün aydınlatılmalı ve etrafta tehlike arz edebilecek avadanlıklar aydınlatılmalıdır.

Aydınlatma projelerinde ışığın çalışanı rahatsız etmemesine özellikle dikkat edilmeli, floresan kullanılan bölümlerde kamaşma olayının en aza indirilmesi için üç fazlı besleme yapılmalıdır.

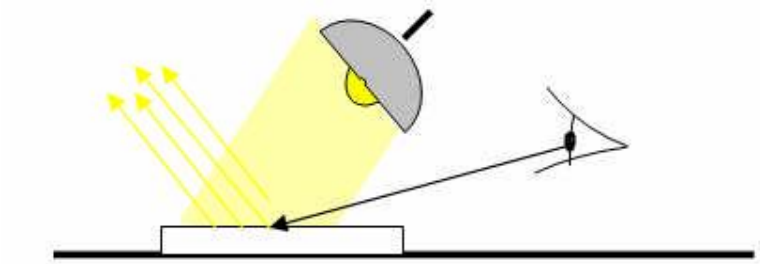
Çalışma yeri veya çalışan cismin üzerine rahatsız edici gölge düşmemesi için çalışma yeri aydınlatması veya çalışma yeri genel aydınlatma mümkünse soldan yapılmalıdır.

Işık ne kadar yönlendirilmiş olursa gölgeler de o oranda sert olur. Dolaylı aydınlatma gölge yapmaz, bu sebeple cisimlerin plastik algılanması zorlaşır. Yönlendirilmiş ışık arzu edilen bir yöntemdir.

Şekil 2.6: Aydınlatmada çalışanın gölgesi iş üzerine düşmemelidir.

Aydınlatma, gün ışığı ile aynı yönde olmalıdır. Böylece gündüz ve gece ışık kaynağının yönü hep aynı olacağından pozisyon değiştirme gereği olmayacaktır.

Kaynağından yönlendirilen ışık, parlak yüzeylerden yansıyıp gözü kamaştırmayacağı şekilde ayarlanmalıdır. Şekil 6'da bu daha iyi anlatılmaktadır.



Şekil 2.7: Işığın doğru yansıtılması

Aydınlatma, uzman elektrikçiler tarafından projeye uygun yapılmalı ve aydınlatma şeması sigorta kutusu içerisine asılmalıdır. Ayrıca şalter ve sigortaların hangi makinelere ait olduğu üzerlerinde ayrı ayrı belirtilmelidir.

Böylece bakım ve tamiratlarda ilgili makinenin şalter ve sigortası kısa zamanda doğru bulunabilsin.

2.2.2. Isıtma ve Havalandırma

Bir atölye ve iş yerinde ortamın ısısı, çalışanların sağlıklı olarak uzun zaman çalışmaları açısından önemlidir.

Ortam ısısı iyice düşünülüp hesaplamalardan sonra planlama ile sürekli olarak ayarlanmamış bir iş yerinde çalışanların sık sık üşütme ya da terleme sebebiyle hasta olmaları mümkün olacaktır. Çalışanlarının hastalığı, işletmeyi üzeceği gibi bununla birlikte doğrudan üretime etki edecek ve verimi düşürecektir.

İş yeri sıcaklığı, bazı işletmelerde makineler ve ürün için de önemli bir konudur. İdeal çalışma sıcaklında olmayan bir atölyede genleşme ve büzülmeler sebebi ile makinelerin çalışma sistemleri düzensiz çalışabilir; hatta arıza yapabilir. Diğer yandan hassas işlerin yapıldığı atölyelerde uygun olmayan iş yeri sıcaklığı, ölçme aletlerini de etkileyecektir; çünkü makine ve ölçüm aletleri insanlar için ideal ortam sıcaklığı göz önüne alınarak tasarlanır.

Sayılan bütün bu olumsuzluklar, bazen doğrudan bazen de dolaylı olarak üretim sistemini etkiler; çünkü bir plana göre yapılan üretimde çalışanların hasta olmaları, makinelerin arıza yapması, teslimat gecikmeleri ve ürünlerin hatalı çıkıp hurdaya ayrılmaları doğrudan verimi, maliyetleri ve işletme ekonomisini olumsuz olarak etkileyecektir.

Sıcaklık kadar çalışanların sağlığını ve bazı üretim sistemlerinde ürünü çok etkileyen bir faktör de havalandırmadır.

İnsanların uzun süreler düzenli yaşamaları ve çalışmaları için temiz havaya ihtiyaçları vardır. Oksijen de ancak temiz havada bulunur.

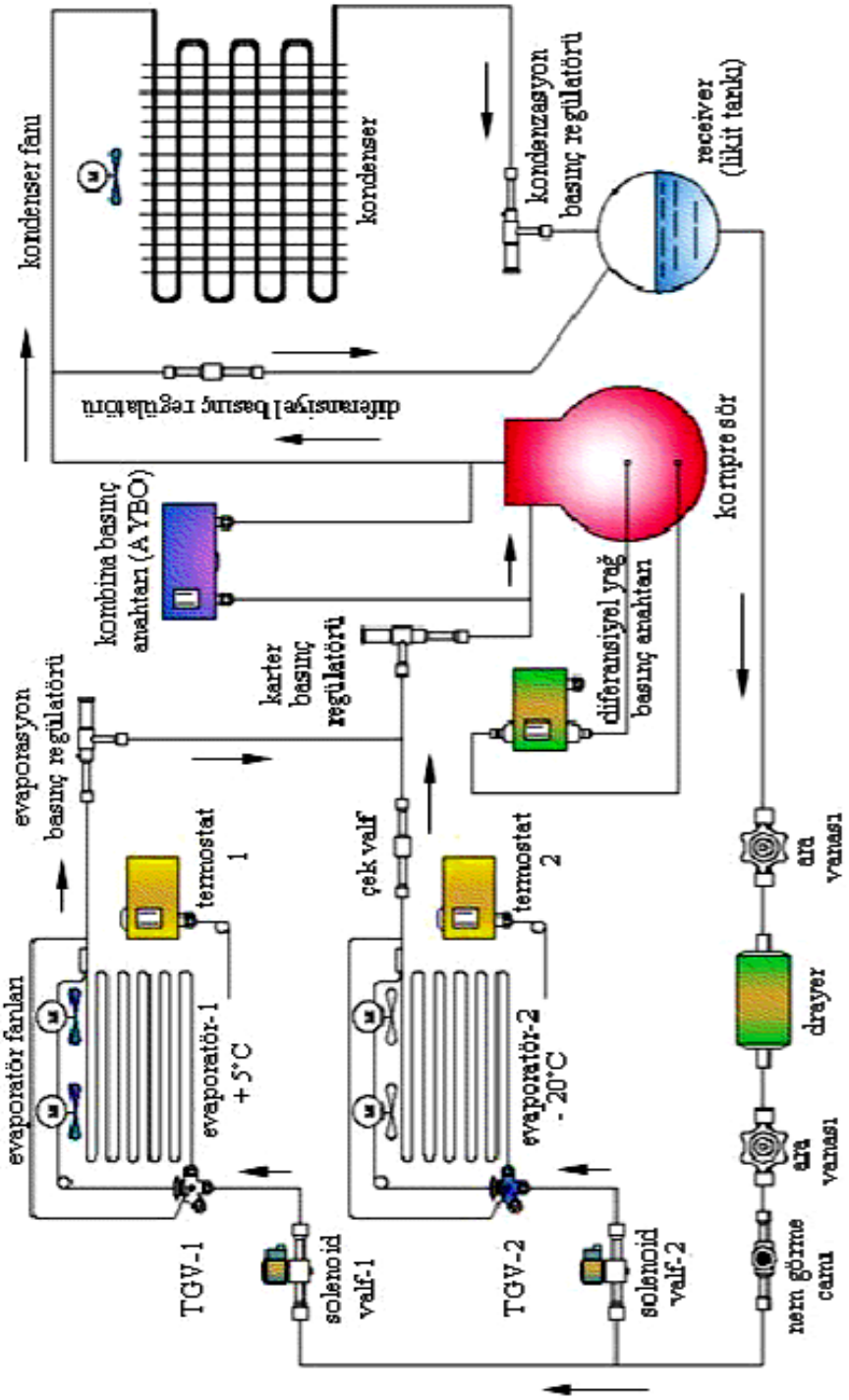
Bazı atölyelerde üretim sistemleri gereği hava çok sık kirlenebilir. Ayrıca bazı iş yerlerinde yine ürün sağlığı için havanın içindeki nem oranı önemlidir. Böyle yerlerde ısıtmanın yanında havalandırma daha da önem kazanır.

Bir tekstil fabrikasında ideal ısıda, temiz, nemi ayarlanmış ve kontrol altındaki havada en uygun tekstil ürünleri üretilebilmektedir. Bütün bu sebeplerden dolayı özellikle fabrikalarda sıcaklık, temiz hava ve nem için büyük maliyetlere rağmen özel üniteler kurulmuştur. Bu ünitelerde dışarıdan ya da atölye içinden alınan hava temizlenir, sıcaklığı ayarlanır ve nemi düzenlenerek iş yerine gönderilir. Diğer yandan kirlenmiş, ideal sıcaklığı bozulmuş ve nem ayarı bozulmuş hava düzenli olarak iş yerinden çekme yöntemi ile uzaklaştırılmaktadır.

Günümüzde iş yerlerinin ısıtılması, soğutulması ve havalandırılması aynı sistem içerisinde yapılabilmektedir yani klimalar ile iş yerini hem ideal sıcaklıkta tutmak hem de havalandırmayı sağlamak mümkündür.

İş yerlerinde klima sistemleri temiz ve üretim şartlarına uygun hale getirilmiş havayı dağıtım kanalları ile iş yeri tavanından aşağı doğru gönderir. Çalışanların, makinelerin, üretim sisteminin ve açık kapılardan içeri giren tozların kirlettiği ve ısı ve nem miktarı bozulan hava zemindeki kanallar ile emilerek klima odalarına çekilir. Bu odalarda temizlenen, nemi ve sıcaklığı ayarlanan hava tekrar iş yerine verilir. Bu süreklilik içerisinde bazen kirli hava atmosfere atılıp klimalara hava yine atmosferden alınmaktadır. Buna sebep olarak da dışarıdaki havanın yılın bazı aylarında ideal ısı ve nem oranına yakın değerlerde olmasıdır. Böylece işletme, ısıtma, soğutma ve nem oranı ayarlamada tasarruf etmiş olmaktadır.

Yukarıda anlatılanlar aşağıdaki klima şemasında daha iyi incelenebilir.



Şekil 2.8: Bir fabrikanın klima şeması

UYGULAMA FAALİYETİ

Redüktör imalatı yapacak bir işletmenin üretim şemasını ve makine yerleşim düzenini inceleyiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Üretim aşamalarını inceleyiniz.	➢ İş emirleri ve ambarda bitmiş mamul kabul evraklarından faydalanınız.
➢ Yapılan işle makinelerin kullanılabilirliğini değerlendiriniz.	➢ Üretimdeki verimliliğe göre tezgâhların yerlerinin doğru seçilip seçilmediğini kontrol ediniz.
➢ Dönemsel üretimde mekânın yeterliliğini inceleyiniz.	➢ Üretimde ve üretim sonrasında oluşan sorunları inceleyerek değerlendiriniz.
➢ İş yerimizin yerleşim planını bulup inceleyiniz.	➢ Atölye yerleşim planı, atölye duvarında asılıdır.
➢ Yerleşim planının iş yerine uygunluğunu inceleyiniz.	➢ Atölye yerleşim şekillerini hatırlayınız.
➢ İşyeri havalandırma durumunu inceleyiniz.	➢ Kirliliği engelleyici ekipman ve evraklarından faydalanınız.
➢ İş yerinizin aydınlatma sistemini İnceleyiniz.	➢ Gün ışığından faydalanma oranını ve ışıkların açık olduğu zamanda çalışanların yanına gidip ortama bakınız.
➢ Ortam ısısının çalışanlardaki etkisini inceleyiniz.	➢ Klima ve ısıtıcıların çalışmadığı ya da bozuk olduğu zamanlarda daha iyi gözlem yapılabilir.

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına **(X)** işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Üretim aşamalarını incelediniz mi?		
2	Kalite kontrol aşamalarını öğrendiniz mi?		
3	İş yerimizin yerleşim planını bulup incelediniz mi?		
4	Yerleşim planının iş yerine uygunluğunu incelediniz mi?		
5	İşyeri havalandırma durumunu incelediniz mi?		
6	İş yerinizin aydınlatma sistemini incelediniz mi?		
7	Ortam ısısının çalışanlardaki etkisini incelediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "**Hayır**" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "**Evet**" ise "**Ölçme ve Değerlendirme**" ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi Atölye yerleşim şekli değildir?
A) Mekân merkezli yerleşim
B) Makine merkezli yerleşim
C) Üretim merkezli yerleşim
D) Çalışan merkezli yerleşim

2. Seri ve yüksek adette üretim yapan iş yerleri için hangi yerleşim şekli daha verimlidir?
A) Makine merkezli yerleşim
B) Üretim merkezli
C) Mekân merkezli
D) Hepsi

3. Elektrik projelerini kimler çizer?
A) İşçiler
B) Elektrik tesisatçıları
C) Elektrik uzmanları(mühendis ve teknik öğretmen)
D) Öğrenciler

4. İş yerlerinde havanın kirlenme sebepleri nelerdir?
A) Sigara ve duman
B) Üretim sistemi ve makineler
C) Yemekhane
D) Açık pencereler

5. İş yerlerindeki klimanın görevi nedir?
A) Isıtma ve soğutma
B) Nem ayarı
C) Sıcaklık ayarı, havalandırma ve nem ayarlama
D) Havalandırma

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–3

AMAÇ

Atölyenize alınmış bir makinenin alt yapısını hazırlayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Atölyenizdeki tezgâhların yerlerine yerleştirme şekillerini inceleyiniz.

3. MAKİNE ATÖLYESİNİN ALTYAPISI

3.1. Yerleşim Planı

Atölye ve iş yerlerinde makine ve tezgâhlar hem en yüksek verim hem de en uzun süre hassas bir şekilde çalışmaları planına göre yerleştirilir.

Günümüz makine sanayi elektroniğinde dâhil olması ile daha da hassas ve pahalı hâle gelmiştir. Artık bir makine almak çok zor olduğu gibi bu makineyi tam verim ile uzun yıllar kullanmak da o derece önemlidir.

Makine teknolojisi alanına dâhil makineler, takım tezgâhlarının maliyeti oldukça yüksektir. Bu tezgâhların büyük kısmının ithal edilmesi ülkemiz adına ekonomik kayıplar oluşturmaktadır. Bu da tezgâhları tam kapasite çalıştırma, üretimi artırma ve bu tezgâhları uzun süreler tam verim ile kullanma gerekliliğini anlatır.

Atölyeler, üretim amacı ile kurulduklarından inşaat planları yapılacak üretim esnasında karşılaşılacak en büyük yüklere göre hesaplanıp çizilir. Bu hesaplamalara doğal ısı ve ışık kaynakları da dâhil edilir.

Planlama öncesi makineler ve özellikleri belli ise bu durum planlamada dikkate alınır. Hazır atölyeye yerleştirilen makinelerde mümkün olduğu kadar makinenin özellikleri dikkate alınmalıdır.

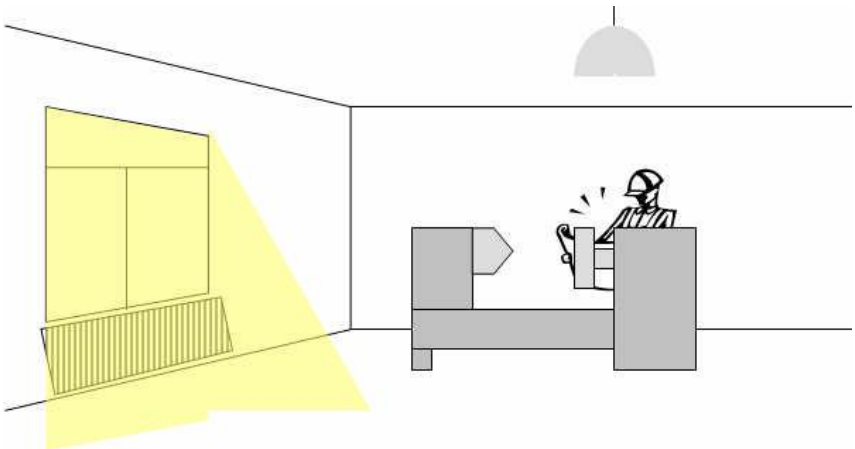
Atölyelerde makine yerleşim yeri belirlerken seçilen atölye yerleşim şekline uygun adım atılmalıdır.

Makine yeri seçilirken doğrudan güneş ışığı etkisinden uzak tutulmalıdır.

Bu özellikle güneş ışığının yansıması sebebi ile çalışanı rahatsız etmesi, kazalara sebebiyet vermesi ve hatalı üretim açısından çok önemlidir.

Ayrıca güneş ışığına maruz kalan makinenin çalışanı için güneş ışınları sağlık açısından risklidir.

Makine yerleştirmede bir diğer husus makinenin ısıtma kaynaklarına yakın olamayacağıdır. Düzenli olmayan ısınma, farklı malzemelerden yapılmış olan makinenin değişik kısımlarının farklı genleşmelerine sebep olacağından makinenin düzenli çalışmasını bozabilir. Bu sebeple de makineler, ısı kaynaklarına uzak yerleştirilmelidir.

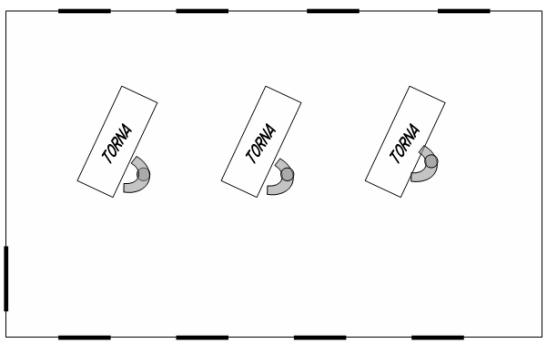


Şekil 3.1: Işık ve ısı kaynağına uygun uzaklıktaki torna tezgâhı

Atölye içerisine birden fazla tezgâh yerleştirileceği zaman tezgâhların birbirlerine göre konumlarına dikkat edilmelidir.

Ham veya yarı mamulün tezgâha taşınmasında, tezgâha bağlanmasında ve işlenmesi esnasında diğer tezgâhların bunlardan etkilenmemesine dikkat edilmelidir.

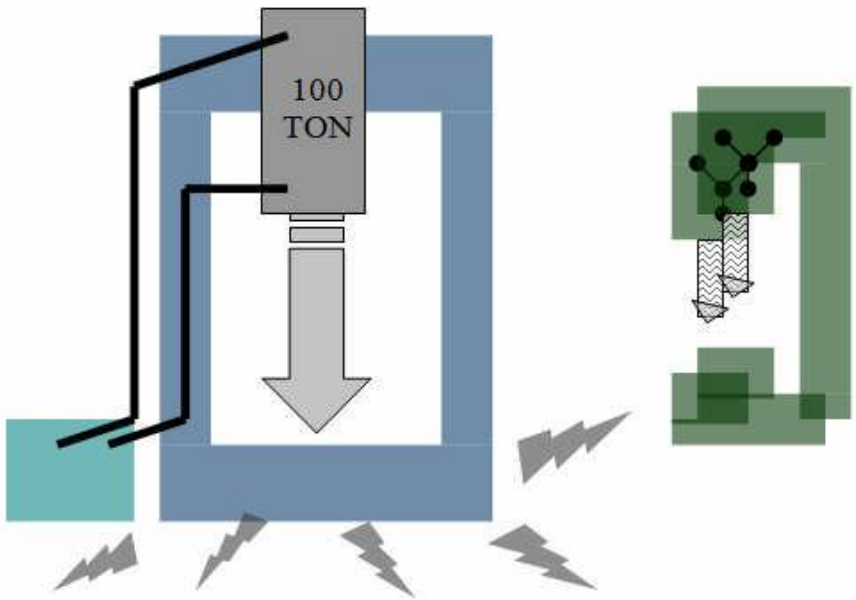
Bu yerleştirmede bir tezgâhta meydana gelebilecek bir iş kazasından diğer tezgâhların etkilenmemesi hususu da önemlidir. Böylece bir tezgâhta meydana gelen kaza, diğer tezgâhtakileri tehdit etmeyecek ve çalışanların sağlığına tehdit oluşturmayacaktır.



Şekil 3.2: Çalışma esnasında diğer tezgâhları tehdit etmeyen eğik yerleşim planı

Yerleşim planı yapılırken dikkat edilecek diğer bir önemli husus da tezgâhların çalışma hassasiyetlerini etkileyebilecek kadar vuruntulu ve titreşimli diğer makinelerden uzak yerleştirilmeleridir.

Vuruntulu ve titreşimli çalışan makineler her ne kadar tedbir alınsa da titreşimleri zemine geçer. Bu da diğer makineleri etkiler. Bu, hem bağlantılar hem de hassasiyet açısından istenmeyen bir durumdur.



Şekil 3.3: Çok güçlü bir pres tezgâhının çevreye etkisi

Tezgâhın uzun süreler verimli bir şekilde çalışabilmesi için kurulacağı yerin temeli de çok önemlidir.

Atölye inşaatının planlamasında ve projelendirilmesinde üretim için gerekli tezgâhlar bilindiğinden temel, en ağır ve en titreşimli tezgâha göre düşünülüp planlanır.

Atölye temelinde aşağıdaki özellikler aranır:

- Temel tezgâh ağırlığını ve üretim esnasında oluşan kuvvetleri yere nakletmelidir.
- Temel kendisine doğrudan bağlantılı tezgâh parçalarının dengesini artırmalıdır.
- Temel yapım malzemesi dinamik kuvvetlerin sönmesine yardımcı olmalıdır.
- Temel sabit tesislerde temelin çevresinden tezgâha gelen titreşime engel olmalıdır. Gerekirse yalıtım tabakası ile veya hava boşluğu ile tecrit edilmelidir.
- Temel derinliği hesaplanarak bulunmalı ve sonuca uyulmalıdır.
- Temel derinliği tezgâhın iş bağlı olduğu haldeki ağırlığı ve kapladığı alan ile doğrudan ilişkilidir.

Temel derinliği basit bir şekilde şöyle hesaplanır:

Temel toplam ağırlığı ton= (0,6 – 1,5). Tezgâh ton + iş parçası ağırlığı ton

Toprağın iyi taşıma kapasitesine sahip olduğu yerlerde 0,6 z a y ı f olduğu yerlerde ise

1,5 sabit rakamı uygulanır.

Temel toplam ağırlığı (ton) Temel derinliği (m) =----------

2,2. Tezgâh oturum alanı (m²)

Bunlarla birlikte toprağın basınca karşı koyma kapasitesine de bakılmalıdır.

Toprağın taşıma kapasitesi 1 kg /cm² ve daha yüksek olan yerlerde beton kalınlığı ortalama 0,6 metre kadar olmalı, toprağın taşıma kapasitesi daha düşük ise statik hesaplama yapılmalıdır.

3.2. Elektrik Tesisatı

Günümüz tezgâhlarının tamamına yakını elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Özellikle üretim yapan atölyelerde hepsi elektriklidir.

Makine ve tezgâhlarda genellikle üç fazlı elektrik enerjisi kullanılır. Bu elektrik, makinenin çalışmasında şart olduğu gibi çok büyük tehlikeleri de taşımaktadır.

Tezgâhlara elektrik tesisatı, uzman elektrikçilerin projelendirmeleri ve yine uzman elektrikçilerin döşemesi ile devam eder.

Tezgâh elektriğinin tesisat işlemi, uzman elektrikçilerin tezgâh bağlantılarını ve kontrollerini yapıp tezgâhı çalıştırmaları ile sona erer.

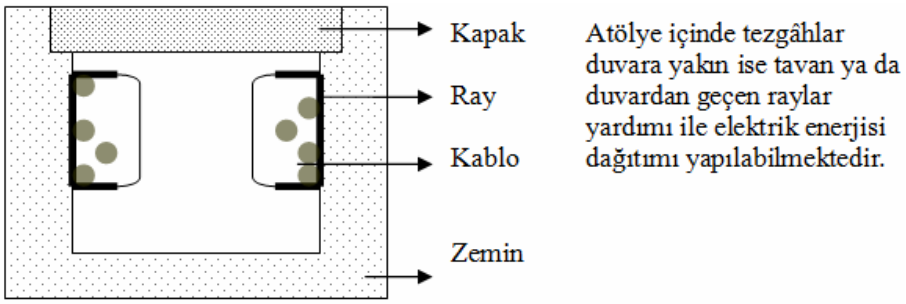
Atölye içerisinde trafodan tezgâha elektrik ya temele konulmuş kablo kanallarından ya da sonradan kırılan temel içerisine, içine su ve rutubet geçirmeyen sağlam dayanıklı çelik borular ile getirilir.

Zeminden geçen bütün kablolar hesaplara uygun, aşınma ve korozyona da dirençli ve TSE belgeli olmalıdır.

Zemine sonradan açılan boru kanalları daha sonra beton ile kapatılmalıdır.

Uzman elektrikçiler tarafından hesaplanıp çizilen tesisat projeleri, uygun şartlarda saklanmalı ve basitleştirilmiş şekli sigorta kutusunun kapağında bulundurulmalıdır. Bu bakım ve tamiratlarda gerekli olacaktır.

Makinenin kendi elektrik tesisatı da kullanma kılavuzundan incelenmeli ve bir örneği tezgâh üzerindeki elektrik panosu içine asılmalıdır.



Şekil 3.4: Atölye içi enerji dağıtımında zemindeki kanallar

3.3. Basınçlı Hava Tesisatı

Atölye ve iş yerlerinde gün geçtikçe basınçlı hava ile çalışan makine sayısı artmaktadır.

Basınçlı hava, havanın sınırsız ve kullanıma hazır olması, çok uzağa bile taşınabilmesi, depo edilebilmesi, sıcak yerlerde güvenle kullanılabilmesi, temiz olması, hızlı olması, elamanların diğer sistemlere göre ucuz oluşu ve elemanların kolay bağlanabilmesi sebepleri ile çok tercih edilmektedir.

Tezgâhların çalışmasında kullanılan basınçlı hava, günümüzde her türlü otomasyon işlerinde de kullanılabilmektedir.

Özellikle malzeme hareketinde, kontrol ve sayımında basınçlı hava vazgeçilmez olmuştur.

Basınçlı hava, kompresör adı verilen makineler ile üretilir. Kompresör atmosferden aldığı havayı basınçlı bir şekilde deposuna gönderir. Hava deposunda toplanan basınçlı hava istenildiğinde nemi, basıncı ve yağı ayarlanarak sisteme gönderilir.

Resim 3.1: Bir kompresör

Küçük atölye ve iş yerlerinde kompresör seyyar bir hava deposunun üzerine bağlanarak tezgâhların hemen yanında olup basınca dayanıklı hortum ile tezgâha hemen ulaşır. Ancak böyle olunca her tezgâha bir kompresör gerekir. Bu da hem maliyetleri artırır hem atölye içerisinde yer kaplar ve hem de kompresörün çıkardığı sesin çalışanları rahatsız etmesine neden olur.

İçerisinde birden fazla basınçlı hava ile çalışan makine bulunan atölyelerde her tezgâhın yanına birer kompresör koymak yerine hem daha ekonomik ve daha güvenli olan merkezi kompresörler kullanılır. Bu merkezi kompresörlere hava üretim merkezi adı verilir.

Atölyede basınçlı hava ile çalışan makinelerin hepsinin ihtiyacını karşılayabilecek kapasitede olan kompresör, atölyenin ayrılmış bir yerine kurulur. Kompresörde üretilip depoda basınçlı bir şekilde bekleyen hava, ihtiyaç duyulan tezgâhlara hazırlandıktan sonra borular ile dağıtılır.

Atölyelerdeki hava üretim merkezleri ekonomik, güvenli ve gürültüyü çalışanlardan uzak tutar. Böyle yerlerde vidalı kompresörler kullanılır. Bunlar sürekli ve düzenli hava ürettikleri için tercih edilir.

Resim 3.2: Büyük Atölyelerde kullanılan vidalı kompresör

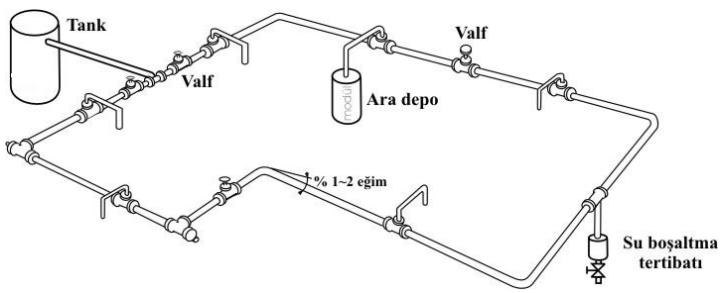
Kompresör seçiminde, dakikada m^3 cinsinden ihtiyaç duyulan hava miktarı, çalışma basıncı, sıkıştırılmış havanın çıkış sıcaklığı, atmosfer şartları, tahrik tipi ve rutubet aralığı göz önüne alınır.

Kompresörün ürettiği basınçlı hava depo çıkışında şartlandırıcı aracılığı ile temizlenir, basıncı ayarlanır ve yağlanarak kullanıma hazır hâle getirilir.

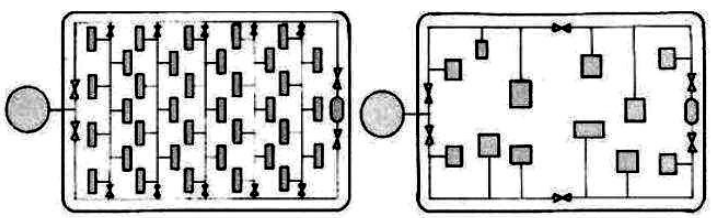
Resim 3.3: Şartlandırıcı (filtre, basınç ayarlayıcı ve yağlayıcı)

Hava üretim merkezlerinde üretilen hava, atölye içinde çelik borular ile duvar ya da tavandan dağıtılır.

- Basınçlı hava tesisatı için sistemin ihtiyacına göre kapasitesi dikkatle hesaplanmış kompresör veya kompresör grupları, boru tesisatına titreşimlerin iletilmemesi için esnek bir ara parçayla (basınca dayanıklı hortum vs.) bağlanmalıdır.
- Şekilde görüldüğü gibi yukarıdan çekilen yatay hatlar, havanın akış yönünde %1–2 eğimle (1 metrede 1–2 cm.) alçalarak gitmelidir.
- Yukarıdan çekilen yatay hatların ucu yukarıda kapalı bırakılmayıp biriken suyun alınabilmesi amacıyla düşey bir boruyla aşağıya indirilmelidir. Borunun ucunda biriktirme tüpü ve boşaltma musluğu bulunmalıdır.
- Kullanım için yatay hatlardan aşağıya indirilecek borular yatay hatta mutlaka üstten bağlanmalıdır.
- Kullanım için yatay hatlardan aşağıya indirilen boruların alt ucuna boşaltma musluğu takılmalıdır.
- Kompresör deposunda ve tesisatta biriken su sık sık boşaltılmalıdır.
- Yatay hatların bir kapalı devre teşkil edecek şekilde uçlarının birleştirilmesi tavsiye edilir.



Şekil 3.5: Atölye içi tesisatın yerleştirme şekli



Şekil 3.6: Atölye içi tesisatın yerleşim şeklinin üstten görünüşü

Basınçlı hava ana dağıtım hatlarında kullanılan çelik borular veya hortumlar basınca dayanıklı standartlara uygun olmalıdır.

Basınçlı havanın kullanılmasındaki en büyük sıkıntı olan kullanılmış havanın dışarı atılmasındaki gürültü, ancak uygun ve sürekli kontrol ve bakımları yapılan susturucular ile azaltılabilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Bir tekstil fabrikasının üretime göre yerleşim ve altyapı şemalarını inceleyiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ İş yerimizin yerleşim planını bulup inceleyiniz.	➢ Atölye yerleşim planı, Atölye duvarında asılıdır.
➢ Yerleşim planının iş yerine uygunluğunu inceleyiniz.	➢ Atölye yerleşim şekillerini hatırlayınız.
➢ İşyeri havalandırma durumunu inceleyiniz.	➢ Kirliliği engelleyici ekipman ve evraklarından faydalanınız.
➢ İş yerinizin aydınlatma sistemini inceleyiniz.	➢ Gün ışığından faydalanma oranını ve ışıkların açık olduğu zamanda çalışanların yanına gidip ortama bakınız.
➢ Ortam ısısının çalışanlardaki etkisini inceleyiniz.	➢ Klima ve ısıtıcıların çalışmadığı ya da bozuk olduğu zamanlarda daha iyi gözlem yapılabilir.
➢ İş yerinizin elektrik tesisat şemasını inceleyiniz.	➢ Tesisatın iş yerindeki kullanım yerlerinin uygun olup olmadığını kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına **(X)** işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

	Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1	İş yerimizin yerleşim planını bulup incelediniz mi?		
2	Yerleşim planının iş yerine uygunluğunu incelediniz mi?		
3	İşyeri havalandırma durumunu incelediniz mi?		
4	İş yerinizin aydınlatma sistemini incelediniz mi?		
5	Ortam ısısının çalışanlardaki etkisini incelediniz mi?		
6	İş yerinizin elektrik tesisat şemasını inceleyebildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "**Hayır**" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "**Evet**" ise "**Ölçme ve Değerlendirme**" ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Atölyelerde makine yerleşim planı neden yapılır?
A) Verimi artırmak için
B) Makineden daha uzun süre faydalanmak için
C) Çalışanların sağlığı için
D) Hepsi

2. Makinelerin ısı ve ışık kaynaklarına yakın olması neden istenmez?
A) Makine rengi solacağından
B) Atölyede yangın çıkar korkusundan
C) Makinelerdeki farklı genleşmelerden
D) Hiçbiri

3. Makine elektrik tesisatını çizme yetkisi kimlerde vardır?
A) Elektrik mühendisi ve teknik öğretmenlerde
B) Elektrikçilerde
C) Öğrencilerde
D) Mimarlarda

4. Makine elektrik tesisatı nereden temin edilir?
A) Kütüphaneden
B) Atölyenin koruma altına aldığı dosyadan
C) Makine üzerinden
D) Duvardan

5. Basınçlı havanın temizlenmesi, basınç ayarı ve yağlanması için kullanılan elamanın adı nedir?
A) Kompresör
B) Piston
C) Şartlandırıcı
D) Kurutucu

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–4

AMAÇ

Makineyi yerine yerleştirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Atölyenize veya diğer atölyelere yeni gelen makinelerin yerlerine yerleştirilmelerini takip ediniz.

4. MAKİNEYİ YERİNE YERLEŞTİRME

4.1. Nakliye Emniyetleri

Makineler, hareketli, hareketsiz birçok parça ve avadanlıktan meydana gelir. Bu parça ve avadanlıkların çoğu bağımsız veya gevşek bağlantılıdır. Bunlar nakliye esnasında değişik kazalara sebep olmasınlar diye geçici bağlantılar yapılır.

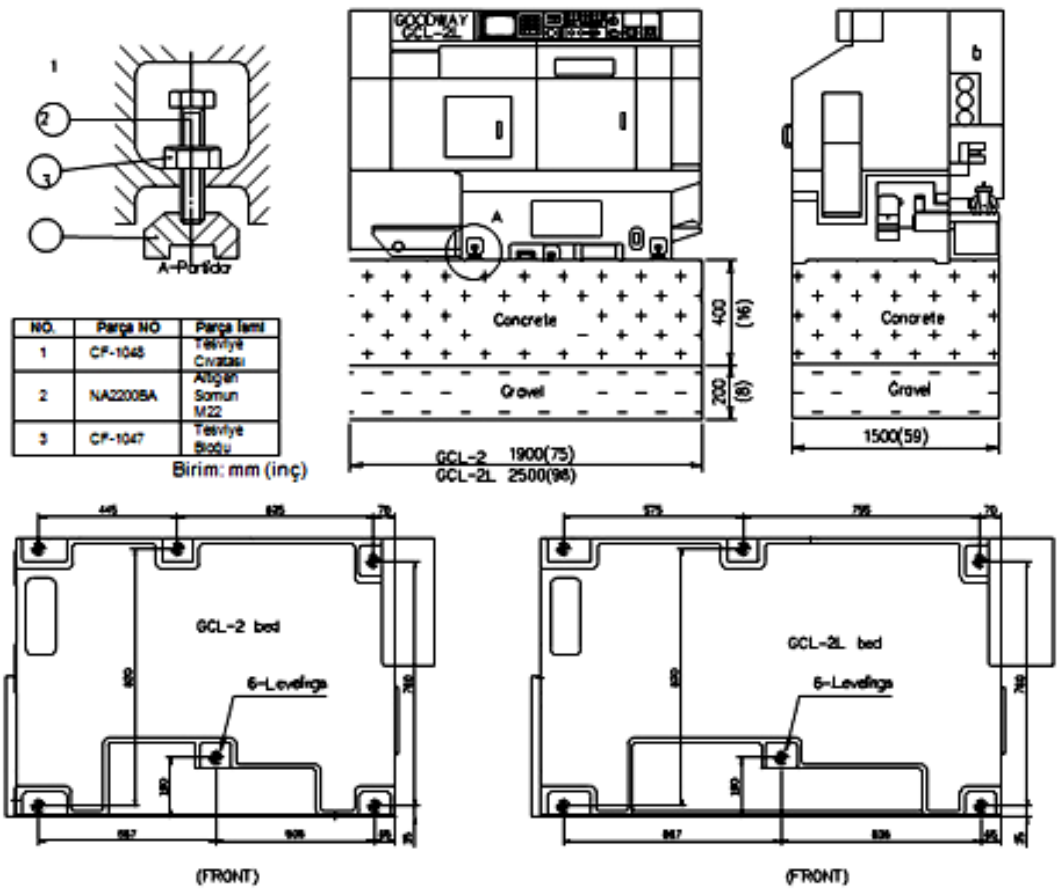
Fabrikalarda üretimi tamamlanan makine ve tezgâhlar, kontrolleri yapıldıktan sonra nakliye emniyeti tedbirleri alınır.

Bu tedbirler, makinenin hareketli parçalarının ve aparatlarının nakliye anında hareket etmelerini önlemektir. Böylece çalışanların hayatı tehlikeye atılmamış ve de makinelerin zarar görmesi önlenmiş olacaktır.

Üretilen makinelerin demir yolu, kara yolu veya deniz yolu ile taşındığı ve uzun mesafelere taşındığı düşünülünce nakliye emniyetlerinin önemi daha da anlaşılmaktadır.

Makine emniyetleri tam yapıldığında makineler gidecekleri yere güvenli ve sağlam gidebileceklerdir. Makine emniyetlerinin makinenin nerelerinde alınacağı önceden tespit edilir ve kullanma kılavuzunda açıkça izah edilir.

Kılavuzda belirtilmeyen bir emniyet unutulup çalışanları tehdit edebileceği gibi makinenin daha hiç kullanılmadan arıza yapmasına sebep olabilir. Ayrıca makineler, ağaç takozlar üzerine cıvata, vida veya çiviler ile sabitlenir. Bu bağlantılar, ancak makine yerine yerleşeceği zaman sökülebilir.



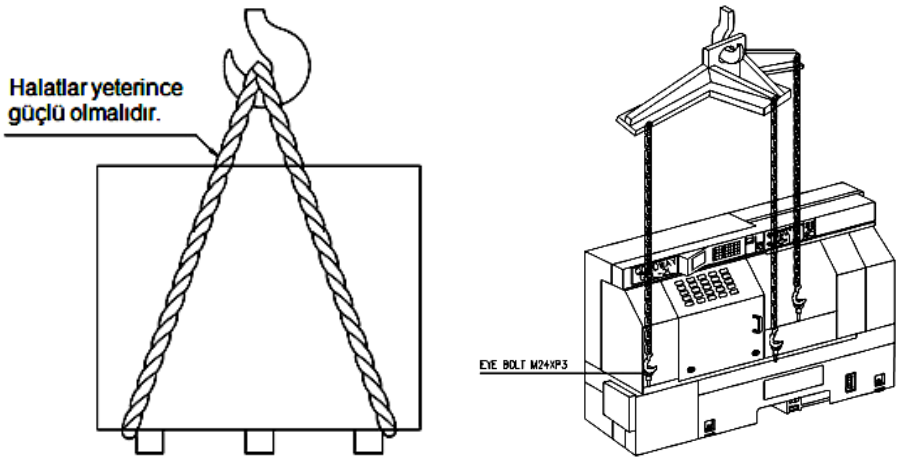
Şekil 4.1: Bir makine kılavuzunda nakliye emniyetleri

Şekil 4.1 incelendiğinde numara ile işaret edilen yerlerin nakliye emniyeti olduğu görülür. Bu emniyetler makine yerine yerleştirilip zemine monte edildikten sonra sökülerek emniyet parçaları güvenli bir yerde saklanır.

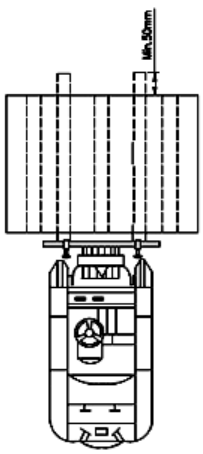
Nakliye emniyeti tamamlanan makineler, makinenin tasarım aşamasında planlanıp yapılan taşıma noktalarından halatlar yardımı ile yüklenip taşınır.

Yüklemede kullanılacak kanca ve halatlar kılavuza uygun olmalı ve özellikle işaret edilen yerlerden halat bağlantısı yapılmalıdır. Halatlar ile bağlanan tezgâhlar yerden kontrollü kaldırılmalıdır. Önce birkaç santimetre yükseltilen makine, kontrolden sonra kaldırılmalıdır.

Resim 4.1: Emniyetli yükleme örnekleri



Halatla taşıma

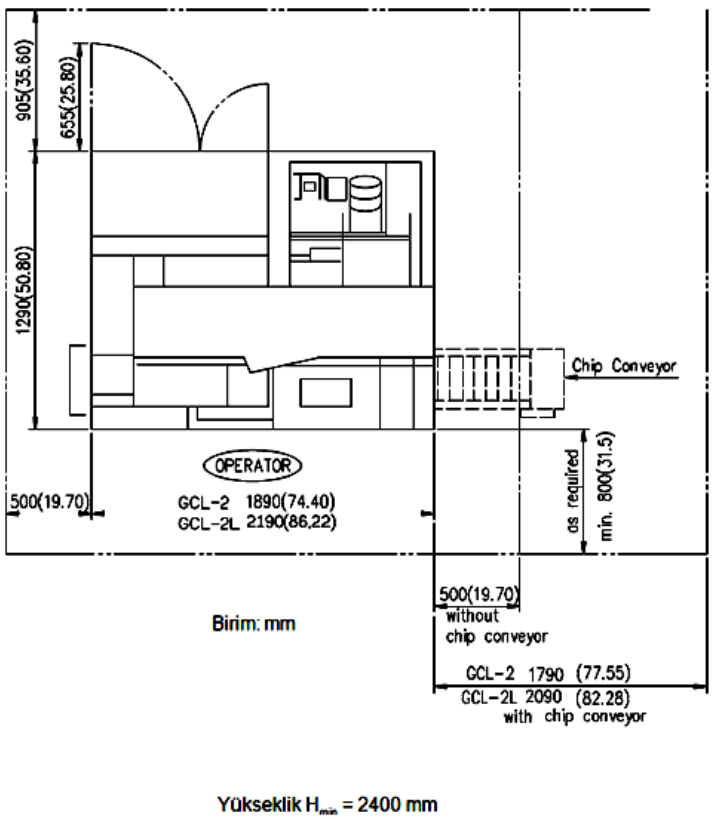


Forkliftle taşıma

Şekil 4.2: Emniyetli taşıma örnekleri

4.2. Makine Yerleşimi

Atölyeye kadar kurallara uygun nakledilen makineler atölye içerisinde kendine ayrılan ve kendi için düzenlenen yere ya vinçler yardımı ya da yuvarlanan borular yardımı ile taşınır.



Şekil 4.3: Kılavuzdaki makine ölçüleri örneği

Makine yeri, kılavuzunda belirtilen ölçülere ve özelliklere göre hazırlanır.

Yerleşim yerine getirilen makine, ağaç takozlardan indirilip yerine yerleştirilir. Yerleştirilen makine önceden düzenlenen bağlama elemanları ile zemine bağlanır. Bağlama zemine beton dökme ile yapıldı ise bunlar kuruyunca nakliye emniyetleri sökülür ve güvenli bir yerde saklanır.

Kurallara uyularak taşınan makinenin elektrik bağlantısı, uzman bir elektrikçi tarafından kullanma kılavuzundaki proje ve tavsiyelere uygun olarak bağlanır.

Makine, basınçlı hava ile çalışıyorsa uygun bağlama elemanları ile basınçlı hava dağıtım tesisatına bağlanır. Her makinenin çalışma basıncı farklı olabileceğinden basınçlı hava makineye önce şartlandırıcıdan geçecek şekilde bağlantı yapılır.

Resim 4.2: Şartlandırıcı

Bu bağlantıda bağlama yönü işaretlerine dikkat edilmelidir. Basınçlı hava, önce filtreden geçirilip toz, kir ve pastan kurtarılır. Daha sonra tezgâh çalışma basıncına göre basınç ayarı yapılır ve en son venturi prensibi ile yağlanan hava tezgâha gönderilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Fabrikanın imalat atölyesinde kullanılan bir tezgâhın yerleşim aşamalarını araştırınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Atölyenizdeki bir tezgâhın nakliye emniyetlerini inceleyiniz.	➢ Atölye de bulunan sorumludan bulabiliriz.
➢ Atölyenizdeki bir makinenin kullanma kılavuzundan faydalanarak boş alanda sanal yerleştirme yapınız.	➢ Kullanma kılavuzundan faydalanınız.
➢ Kullanma kılavuzundan elektrik bağlantısını inceleyiniz.	➢ Kullanma kılavuzundan faydalanınız.
➢ Bir tezgâhın basınçlı hava bağlantılarını inceleyip şartlandırıcıyı kontrol ediniz.	➢ Atölye hava dağıtım panosunu inceleyiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına **(X)** işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

	Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1	Makine nakliye emniyetlerini gösterebildiniz mi?		
2	Makine taşımada kullanılacak noktaları kılavuza göre bulabildiniz mi?		
3	Makine yeri ölçülerini kılavuzdan bulabildiniz mi?		
4	Kullanma kılavuzundan elektrik bağlantısını incelediniz mi?		
5	Bir tezgâhın basınçlı hava bağlantılarını inceleyip şartlandırıcıyı kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "**Hayır**" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "**Evet**" ise "**Ölçme ve Değerlendirme"** ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Taşıma esnasında hareketli parça ve avadanlıkların hareketini engelleyen tedbirlere ne denir?
   A) Nakliye emniyetleri
   B) Elektrik emniyeti
   C) Sigorta
   D) Güvenlik

2. Yükleme araçları hangileridir?
   A) Vinç ve halat
   B) Kepçe ve ip
   C) Vinç ve ip
   D) Kepçe ve kayışlar

3. Makine yerleşim yeri hangi ölçülürde hazırlanır?
   A) Atölye imkânlarına göre
   B) Diğer tezgâhlara göre
   C) Kılavuzdaki tezgâh ölçülerine göre
   D) Rastgele

4. Makine elektriğini kimler bağlar?
   A) Uzman elektrikçiler
   B) Öğrenciler
   C) Bütün Atölye teknisyenleri
   D) Herkes

5. Basınçlı hava ile çalışan makinelerde hava makineye verilmeden önce hangi elemandan geçer?
   A) Pistondan
   B) Şartlandırıcıdan
   C) Kompresörden
   D) Valften

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–5

AMAÇ

Elektrik-elektronik sistemlerde bulunan motorların bakım ve onarımı yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Elektrik elektronik atölyeleri bulunan motorları, motor imalatı ve bobinajı yapan firmaları gezerek incelemeler yapınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfla paylaşınız.

5. ELEKTRİK MOTORLARI

5.1. Motorların Tanıtılması

Motorlar, elektrik enerjisini hareket enerjisine dönüştüren elektrik makineleridir. Sargılarına uygulanan elektrik enerjisi sayesinde milinden mekanik enerji elde edilir. Akım çeşidine göre incelendiğinde doğru akım ve alternatif akım olarak ayrılır. Ancak bu bölümde faz sayısına göre bir ve üç fazlı olarak motorlar incelenecektir.

5.1.1. Bir Fazlı Motorlar

5.1.1.1. Bir Fazlı (Yardımcı Sargılı) Asenkron Motorlar

Asenkron motorlar, alternatif elektrik enerjisini, mekanik enerjiye dönüştüren elektrik makineleridir. Bir ve üç fazlı olarak üretilir. Bir ve üç fazlı asenkron motorlar yapı bakımından birbirine benzer.

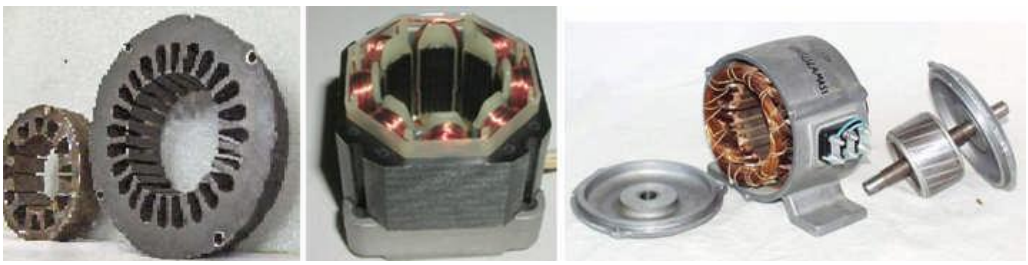
Bu motorlara asenkron denilmesinin sebebi, stator sargılarında oluşan manyetik alanın hızı ile rotorun dönme hızı aynı değildir. Rotorun dönme hızı, stator manyetik alanının hızından daima azdır. Bu yüzden bu motorlara **asenkron motor** denilmektedir.

a. Bir Fazlı (Yardımcı Sargılı) Asenkron Motorların Yapısı

Bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorlar stator, rotor, gövde ve kapaklar, santrifüj anahtar olmak üzere dört kısımdan oluşur.

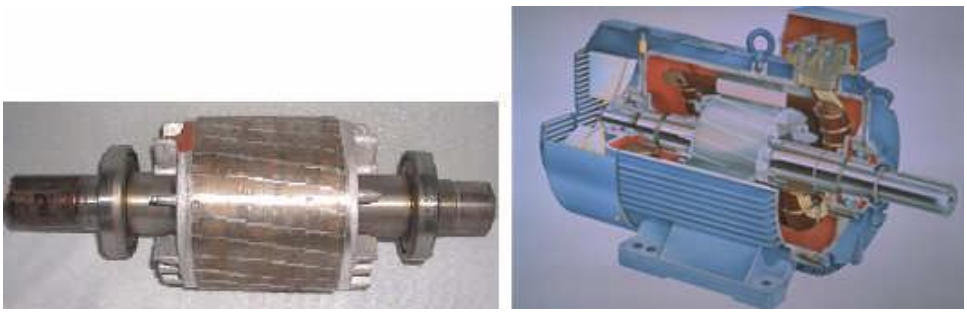
Resim 5.1: Bir fazlı asenkron motor

- **Stator:** Stator ince silisli sacların iç yüzeylerine presle oyuklar açılıp paketlenmesi ile meydana gelmiştir. Oyuklar içerisine hem ana sargı hem de yardımcı sargı sarılır. Kullanılan iletkenler yalıtılmış iletkenlerdir.
- **Ana sargı**: Statordaki oyukların 2/3 sarılır. Yardımcı sargıya göre ince kesitli çok sipirlidir. Motor çalışırken sürekli olarak devrede kalan sargıdır.



Resim 5.2: Stator ve motor parçaları

- **Yardımcı sargı**: Statordaki oyukların 1/3'ü sarılır. Ana sargıya göre kalın kesitli ve az sipirlidir. Ana sargıya paralel bağlanır. Daimi kondansatörlüler hariç diğerlerinde motor normal devrinin % 75'ine ulaştığında devreden çıkar.
- **Rotor**: Silisli sacların dış yüzüne presle oyuklar açılmış ve birleştirilerek sac paket oluşturulmuştur. Rotor oyuklarının iki ucundan kısa devre edilmiş alüminyum rotor çubukları enjeksiyon yöntemi ile yerleştirilir, daha sonra bu sac paket bir mil üzerine sıkıca takılarak rotor oluşturulmuş olur.



Resim 5.3:Rotor

- **Gövde ve kapaklar**:Rotorun yataklanmasında ve statorun kapalı olmasını sağlayan dökme alüminyumdan imal edilir.
- **Santrifüj anahtarlar**: Motorun ilk kalkınma anında devrede bulunan yardımcı sargının, motor devri % 75'ine ulaştığında devreden çıkmasını sağlayan anahtardır (merkezkaç anahtarı). Motor durdurulurken devir sayısı % 75'ine gerilediğinde tekrar devreye girer ve ilk çalışma anı yukarıda anlatıldığı gibi olur. Motor mili üzerine yerleştirilir.
- **Kondansatörler:** Bir fazlı asenkron motorlarda kondansatör, yardımcı sargıya seri bağlanılır. Ana sargı akımıyla yardımcı sargı akımı arasında 90^{0}'lik faz farkı meydana getirir. Bu da düzgün bir döner manyetik alanın oluşmasını sağlar ve motorun ilk kalkınma anında devreden daha az akım çekmesini sağlar. Daimi kondansatörlüler hariç yardımcı sargı ile beraber devreye girer ve çıkar.

Resim 5.4: Yol verme ve daimi kondansatörler

b. Çalışma Prensibi

Motora enerji verildiğinde ana sargı ile devrede olan yardımcı sargı enerjilenir. Özelliklerinden dolayı oluşturdukları döner manyetik alan rotoru hareket ettirir. Normal devir % 75 ulaştığında merkezkaç anahtarı olan santrifüj anahtar vasıtasıyla yardımcı sargı devreden çıkar. Motor yalnızca ana sargı ile çalışmasına devam eder.

Yardımcı sargı olmasaydı motor yalnızca ana sargı ile kalkınamazdı. Bunun sebebi ilk anda ana sargının oluşturduğu alan rotorun hem sağa hem de sola döndürecek yöndedir. Yardımcı sargı bu iki eşitliği bir yöne doğru bozar ve motorun o yönde dönmesini sağlar. Örnek olarak yardımcı sargı devrede değilken ana sargıya enerji verilir fakat motor kalkınamaz. Elle mil hangi yöne döndürülürse motor o yöne yol alır. Elle yapılan bu görevi yardımcı sargı yapar.

Yardımcı sargının görevi motor kalkındıktan sonra biter ve devreden çıkması gerekir (daimi kondansatörlüler hariç). Şayet devreden çıkmaz ise yardımcı sargı yanabilir (Yalıtımı bozulur.)

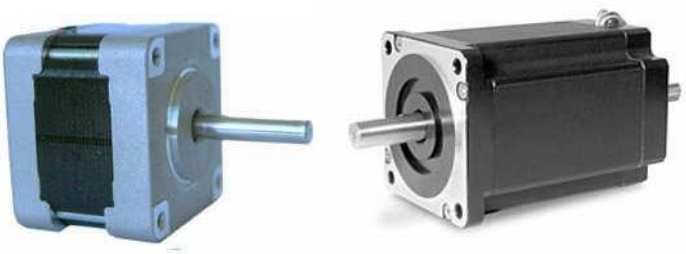
Kullanıldığı Yerler

Aspiratör, vantilatör, brülör, kompresör, çamaşır makinesi, mutfak aletleri, iş tezgâhlarında kullanılır.

5.1.1.2. Seri (Üniversal) Motorlar

a. Tanım

Doğru gerilimde (DC) ve alternatif gerilimde (AC) çalışabilen bu motorlara üniversal motor denir.



Resim5.5: Üniversal (seri) motor

b. Yapısı

Üniversal motorun yapısında hem doğru akımda hem de alternatif akımda çalışma özeliğini gösterebilmesi için stator (endüktör), rotor (endüvi) ve fırçalar bulunmaktadır. Ayrıca yardımcı parçalar olarak da rulman, klemens kutusu, vantilatör ve mil bulunmaktadır.

Stator (Endüktör): Üniversal motorlarda manyetik alanın meydana geldiği kısımdır. Endüktör makinenin büyüklüğüne, çapına ve devir sayısına göre
2, 4, 6, 8 ya da daha çok kutuplu olur. Resim 5.6 'da endüktör resmi görülmektedir.

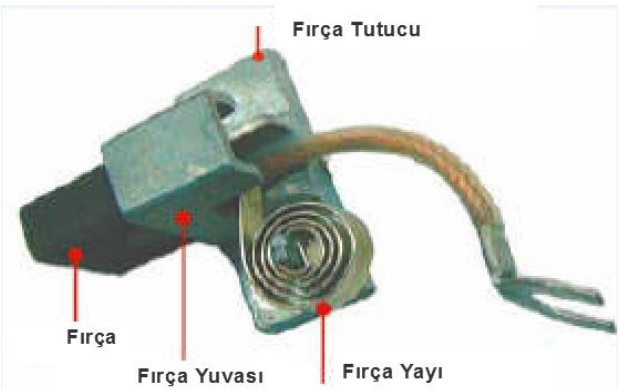
Endüvi (Rotor): Gerilim endüklenen ve iletkenleri taşıyan kısma endüvi denir.
Resim 5.7 'de endüvi resmi görülmektedir.

Resim 5.6: Stator (Endüktör) **Resim 5.7: Endüvi (Rotor)**

Kollektör: Üniversal motorlarda kolektör, endüvi sargılarına doğru gerilim uygulamasını sağlar. Kollektör dilimleri, haddeden geçirilmiş sert bakırdan pres edilerek yapılır. Bakır dilimlerin arasına 0,5-1,5 mm kalınlığında mika veya mikanit yalıtkan konulur. Resim 5.9'da kolektörün endüvi mili üzerine yerleştirilmiş hâli görülmektedir.

Resim 5.8: Kollektör **Resim 5.9: Endüvi mili üzerine yerleşmiş kollektör**

Fırçalar: Üniversal (seri) motorlarda şebeke akımının endüvi sargılarından geçirmek için kullanılır. Fırçalar makinenin akım şiddeti ve gerilimine göre sert, orta sert ve yumuşak karbon veya karbon alaşımından yapılır.



Resim 5.10: **Fırça ve fırça tutucu**

Resim 5.11: Çeşitli karbon fırçalar

c. Çalışma Prensibi

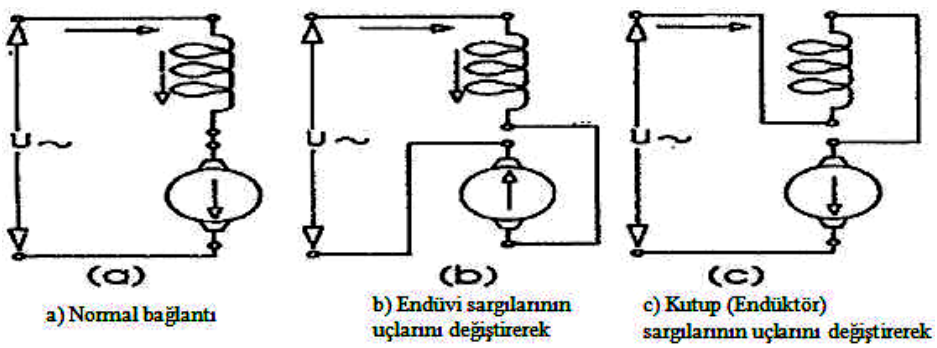
Üniversal motora bir fazlı alternatif EMK uyguladığımızda statordaki kutup bobinlerinden ve endüvi sargılarından alternatif akım geçer. Kutup bobinlerinden geçen akım manyetik alan meydana getirir. Kutupların meydana getirdiği manyetik alanın içinde bulunan endüvi sargılarından akım geçince "Manyetik alan içinde bulunan bir iletkenden akım geçtiğinde, iletken manyetik alanın dışına doğru itilir." prensibine göre endüvi oluklarındaki iletkenler itilir, endüvi dönmeye başlar.

d. Özellikleri

- Üniversal motorlar çok küçük güçte imal edilebilir.
- Kalkınma ve döndürme momentleri yüksektir.
- Devir sayıları yükle değişir.
- Boştaki devir sayıları çok yüksektir.
- Devirleri 20.000 d/dk.ya kadar çıkartılabilir.
- Üniversal motorlar AA ile çalıştırıldığı zaman DA göre momenti düşüktür.

e. Devir Yönünün Değiştirilmesi

- Üniversal motorların devir yönünün değiştirilmesinde iki metot kullanılır.
- Endüvi sargılarının uçlarını yer değiştirerek (Şekil 5.12.b)
- Endüktör sargılarının uçlarını yer değiştirerek (Şekil 5.12.c)
- Ancak her ikisi de aynı anda uygulandığında üniversal motorun devir yönü değişmez.



Şekil 5.12: Üniversal motorun devir yönü değişimi

f. Kullanıldığı Yerler

Elektrik süpürgelerinde, kahve öğütücülerinde, mikserlerde (karıştırıcılarda), vantilatörlerde, dikiş makinelerinde, saç kurutma makinelerinde, elektrikli tıraş makinelerinde, sirenlerde, seyyar aşlama ve zımpara makinelerinde, el breyzi ve matkaplarda kullanılır.

5.1.1.3. Ek Kutuplu (Gölge Kutuplu) Motorlar

a. Yapısı

Bu tip motorlarda yine kısa devre çubuklu rotor kullanılır. Stator ise çıkıntılı kutuplu olarak saç paketlerinden yapılır. Kutupların birer kenarlarına oyuk açılmış ve bu kısma bakır halkalar yerleştirilmiştir. Çıkıntılı kutuplarda bobinler yerleştirilmiştir.

Resim 5.13: Gölge kutuplu (ek kutuplu) motor

b. Çalışma Prensibi

Stator sargısından akım geçmesiyle oluşan manyetik alan çizgilerinin bir kısmı yarıklarda bulunan bilezikler içinden de geçer. Bilezikler kısa devre durumunda olduğu için stator üzerindeki akı kaçakları büyük olur. Bunun sonucu stator sargısından geçen akım ile kısa devre bileziklerinden geçen akım arasında bir faz farkı ortaya çıkar. Birbirine göre faz farklı bu iki akım, birbiri ardından hareketli kutupları olan bir manyetik alan üretir. Simetrik olmayan bu değer bir döner alan oluşturur. Bu döner alan kısa devre rotorunu döndürür.

c. Özellikleri

Gölge kutuplu motorların avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Yapıları basittir.
- Maliyetleri ucuzdur.
- Sessiz çalışır.
- Fazla ısınmaz.

Gölge kutuplu motorların dezavantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Kalkınma momentleri küçüktür.
- Verimleri düşüktür(%5 - % 35 arasındadır.).
- Küçük güçlüdürler(1/250 HP ile1/6 HP arasındadır.).

d. Devir Yönünün Değiştirilmesi

Ek kutuplu motor sadece bir yönde döner, devir yönü değiştirilemez.

e. Kullanıldığı Yerler

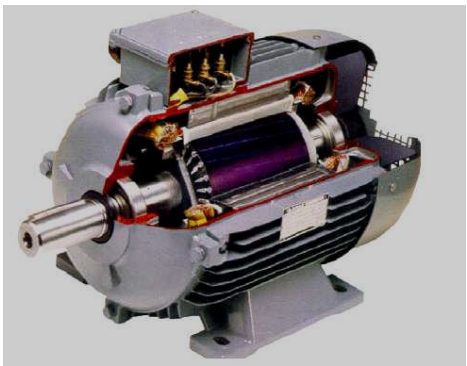
Sessiz çalıştıklarından dolayı aspiratörlerde, vantilatörlerde ve benzeri yerlerde kullanılır.

5.1.2. Üç Fazlı Asenkron Motorlar

Yapı olarak bir fazlı asenkron (yardımcı sargılı) motorlara benzer. Bir fazlı asenkron motorlar genelde çok küçük güçleri kontrol etmek için kullanılır. Büyük güçleri kontrol etmek için de üç fazlı asenkron motorla kullanılmaktadır.

5.1.2.1. Yapısı

Üç fazlı asenkron motorlar yapı olarak bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorlara benzer. Yapısı genel olarak stator, rotor, gövde, kapaklar, yatak, pervane ve muhafaza tasından oluşur.



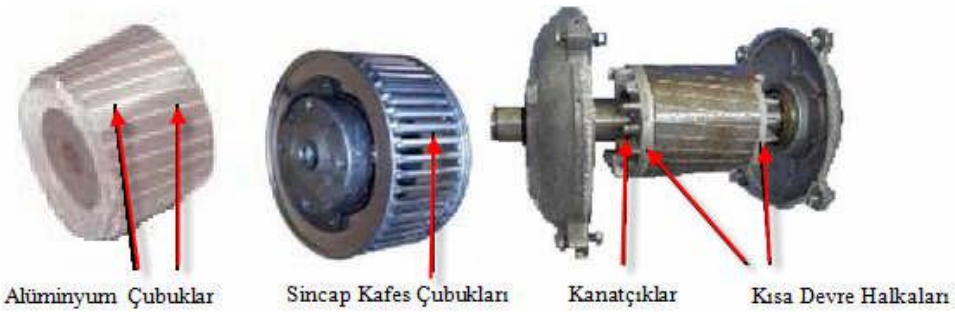
Resim 5.14: Üç fazlı bir asenkron motor kesiti

- **Stator**: Asenkron motorun duran kısmına denir. Stator, 0,4–0,8 mm kalınlığındaki bir tarafı silisyumla yalıtılmış sacların özel kalıplarda paketlenmesiyle imal edilir. Stator sac paketlerin iç kısmına belli sayıda oyuklar açılır ve bu oyuklara da üç fazlı sargı yerleştirilir.

Resim 5.15: Stator sac paketi

- **Rotor**: Asenkron motorun dönen bölümüdür. Genel olarak kısa devre çubuklu rotor (sincap kafesli rotor) ve sargılı rotor (bilezikli rotor) olmak üzere iki tipe ayrılır. Her ikisi de üzerine oyuklar açılıp paketlenmiş silisli saçların bir mil üzerine sıkıca yerleştirilmesinden meydana gelmiştir.

- **Kısa devre çubuklu rotor (Sincap kafesli rotor):** Rotor sac paketinin dış yüzüne yakın açılan oyuklar içine pres dökümle eritilmiş alüminyum konulur. Rotor çubukların iki tarafı alüminyum halkalarla kısa devre edilmiştir. Bu halkaların üzerinde bulunan kanatçıklar soğumayı kolaylaştırır.



Resim 5.16: Kısa devre çubuklu rotor (Sincap kafesli rotor)

- **Sargılı rotor (Bilezikli rotor):** Birbirine 120^0 faz farklı olarak rotor oyuklarına üç fazlı alternatif akım sargısı yerleştirilip uçları, rotor mili ile yalıtılan üç bakır bileziğe irtibatlandırılmıştır. Akım, bileziklere basan fırçalar aracılığıyla sargıya uygulanır.

- **Gövde:** Stator sac paketinin sıkıca içine yerleştirildiği asenkron motorun en dış kısmıdır. Alüminyum veya pik dökümden yapılır. En dış yüzeyinde motorun soğutulması amacıyla gövde boyunca uzanan, birbirine paralel soğutma kanalları vardır. Gövdenin her iki yan tarafına motor kapakları takılır, üst tarafında kaldırma halkası vardır. Gövdenin alt tarafına da motor ayakları monte edilir ancak küçük boyutlu asenkron motorlarda ayaklar gövdeye sabit olarak dökülerek imal edilir.

Resim 5.17: Asenkron motorun gövdesi

- **Kapaklar:** Gövdenin her iki tarafına takılan, ortalarında yataklar (bilyeli rulmanlar) bulunan, alüminyum alaşım veya pik dökümden preslenerek yapılır. Kapak üzerinde, kapağı gövdeye tutturmak için uygun delikler vardır.

Resim 5.18: Asenkron motorun kapakları

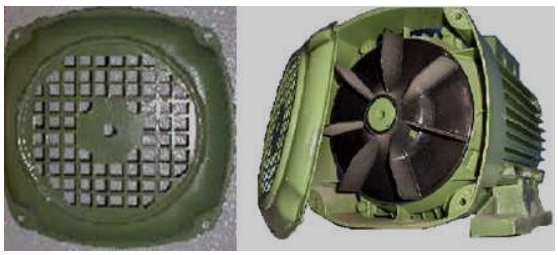
- **Yataklar:** Genellikle bilyeli tip ve silindirik makaralı rulmanlı yataklar kullanılır. Her iki motor kapağının ortasına takılan rulmanlı yataklar, rotorun stator içinde rahatça dönmesine yataklık yapar.

Resim 5.19: Rulmanlı yatak

- **Pervane**: Asenkron motorun soğutulması amacıyla kullanılır. Yüksek nitelikli plastik malzemeden imal edilmiştir. Soğutma pervanesi motorun arka tarafındaki rotor mili çıkışına takılır. Pervane dönüş yönüne bağlı olmaksızın çalışır. Muhafaza tasından emilen hava, gövde havalandırma kanallarına üflenerek motorun soğutulması sağlanır.

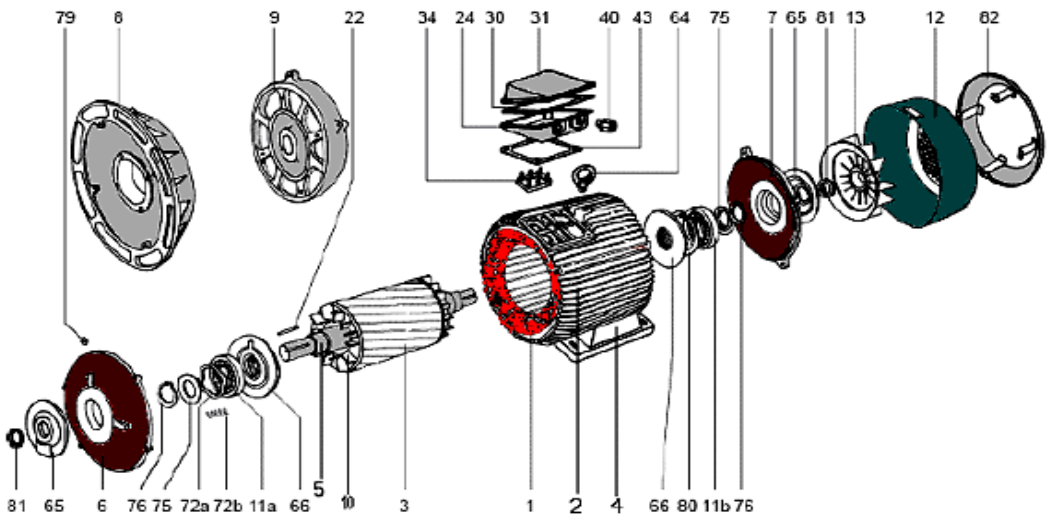
Resim 5.20: Motor pervanesi

- **Muhafaza tası**: Pervaneyi korur ve pervanenin emdiği havanın gövde üzerine yöneltilmesini sağlar.



Resim 5.21: Muhafaza tası

Asenkron motorun bütün parçaları Şekil 5.22'de görülmektedir.



Şekil 5.22: Asenkron motorun bütün parçaları

Tablo 5.1'de de asenkron motorun paça listesi görülmektedir.

1- Stator sargıları	30- Conta
2- Gövde	31- Uç bağlantı kutusu kapağı
3- Komple rotor	34- Uç plakası - klemens
4- Ayak	40-Kablo giriş rakoru
5- Rotor mili	43- Conta
6- Ön kapak	64- Motor kaldırma halkası
7- Arka kapak	65- Rulman tutucu dış kapak (yağlama nipelli motorlarda)
8- Flanş	66- Rulman tutucu iç kapak (yağlama nipelli motorlarda)
9- Flanş	72- Disk yay
10- Rotor kanatçıkları	75- Yağ tutucu disk ((yağlama nipelli motorlarda)
11a- Ön rulman	76- Dış segman (rulman ve yağ tutucu diskin tespiti için)
11b- Arka rulman	79- Yağlama nipeli
13- Soğutma pervanesi	80- İç segman (arka rulmanı kapağına sabitlemek için)
22- Mil ucu kaması	81- Lastik toz contası
24-Klemens bağlantı kutusu	82-Keçe sızdırmazlık bileziği

Tablo 5.1: Asenkron motor parçalarının isimleri

5.1.2.2. Asenkron Motorun Çalışma Prensibi

Asenkron motorlar, indüksiyon prensibine göre çalışır. Buna göre manyetik alan içerisinde bulunan bir iletkenden akım geçirilirse iletken, manyetik alanın dışına doğru itilir. Stator oyuklarına, aralarında 120º faz farklı sargılar yerleştirilir. Stator sargılarına üç fazlı alternatif bir gerilim uygulandığında sargılardan akımın geçmesiyle değişken bir manyetik alan meydana gelir. Meydana gelen bu manyetik alan, stator içerisinde sürekli dönen bir alan oluşturur. Bu döner değişken manyetik alan, rotordaki kısa devre çubuklarını keser. Rotor çubukları üzerinde EMK'ler indüklenir. Bu EMK'ler çubuklar kısa devre edildiklerinden kısa devre akımlarını oluşturur. Rotor çubuklarından geçen bu akımlar, rotor etrafında rotor manyetik alanını oluşturur. Statorda oluşan döner manyetik alan ile rotor manyetik alanı manyetizma prensibi (zıt kutuplar çeker, aynı kutuplar iter) etkileşir. Böylece rotor, mil ekseninde dönme hareketi yapar.

5.1.2.3. Üç fazlı Asenkron Motor Çeşitleri

Asenkron motorların çeşitleri, rotor yapılarına göre ikiye ayrılır. Sincap kafesli (kısa devre rotorlu) asenkron motorlar, bilezikli (sargılı rotorlu) asenkron motorlar

a. Sincap Kafesli (Kısa Devre Rotorlu) Asenkron Motorlar

Üç fazlı, sincap kafesli motorun yapılışı basittir. Bakıma ihtiyacı azdır. Bu tip motorun ölçüleri, aynı güçteki başka tip motorların ölçülerinden küçüktür. Değişik yüklerdeki hız regülasyonu oldukça iyidir. Maliyeti ucuzdur. Yapılışın sağlamlığı ve istenen çalışma özeliklerine sahip olmasından dolayı sanayide çok tercih edilir.

Resim 5.23: Kısa devre rotorlu asenkron motor

b. Bilezikli (Sargılı Rotorlu) Asenkron Motorlar

Bu tip üç fazlı asenkron motorlar değişik hızlarda kullanılmak için üretilmiştir. Rotoru da stator gibi sargılıdır. Rotor çıkış uçları yıldız olacak şekilde kısa devre edilir, diğer giriş uçları da mil üzerine çıkarılan bileziklere bağlanır. Bileziklere temas eden fırça uçları hız ayarlayıcısına bağlıdır.

Bilezikli asenkron motor, sincap kafesli asenkron motora göre yapısı daha çok karmaşık, üretimi ve bakımı daha pahalıdır.

5.1.2.4. Üç Fazlı Asenkron Motorların Kullanıldığı Yerler

Üç fazlı asenkron motorlar endüstride kullanım alanı geniş olan motorlardır. Özellikle ürünlerin üretim, paketleme ve yükleme aşamasında oldukça yoğun kullanılmaktadır. Vinç, asansör, yürüyen merdiven, değirmen, birçok tezgâh ve makinenin çalışması ve soğutmasında kullanılmaktadır.

5.1.2.5. Asenkron Motorlara Yol Verme

Asenkron motorların kalkışları (ilk dönmeye başlaması) sırasında şebekeden çektiği akıma kalkınma akımı ya da yol alma akımı denir. İlk kalkış anında etikette yazılı olan nominal akımın 3-6 katı kadar fazla akım çeker. Kalkış sırasındaki çekilen bu akım kısa sürelidir. Küçük güçlü motorlarda kısa süreli fazla akımın, şebeke üzerinde olumsuz etkisi fazla olmaz. Ancak büyük güçlü motorların direkt yol almaları sırasında, şebekede çektikleri kalkış akımları, şebeke üzerinde büyük etki oluşturur.

Şebekelerin durumuna göre elektrik idareleri belli güçlerden büyük motorların (3 KW'ın üstündeki) çalıştırılmasında kalkış akımını düşürücü önlemler alınması için kurallar getirir; çünkü 3 KW'ın üzerindeki büyük güçlü motorların kalkınma akımları, hem şebeke için hem de motor sargıları için zararlıdır. Zira bu fazla akım motor sargılarında aşırı ısınmalara, şebekede ise gerilim düşümlerine ve gerilim dalgalanmalarına neden olur. Bunun sonucunda da gerilim düşümü, motoru ve şebekeden beslenen diğer alıcıları etkiler. Ayrıca kumanda devresindeki anahtarlama elemanlarının çabuk yıpranmasına ve arıza yapmasına yol açar. Bu nedenle büyük güçlü motorların ve çok sık yol alan küçük güçlü motorların kalkınma akımlarının şebekeyi olumsuz yönde etkilememeleri için değişik yol verme yöntemleri uygulanır.

a. Üç Fazlı Asenkron Motorlara Yıldız - Üçgen Yol Verme

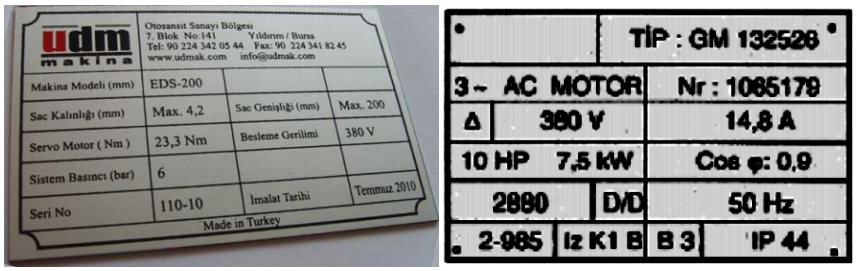
Asenkron motorlara yıldız–üçgen yol verilmesinin amacı, motor ilk kalkınma anında nominal devrine ulaşıncaya kadar yıldız, daha sonra ise üçgen çalışmasıdır. Çünkü motor yıldız çalışmada üçgen çalışmaya göre 1/3 oranında daha az akım şebekeden çekmektedir.

Üç fazlı asenkron motora yıldız-üçgen yol verile bilmesi için etiketindeki üçgen geriliminin şebeke gerilimine eşit olması gerekir.

Örnek: Aşağıda resimleri verilen etiketlerden ülkemizdeki fazlar arası 380 v şebekeye yıldız-üçgen yol vermek için bağlanma durumları incelensin.

Birinci etikette motorun etiketinde üçgen çalışmada 380 v yazılı olduğu için bu da verilen şebeke gerilimine eşit, bu etikette sahip motora, yıldız-üçgen yol verme yöntemiyle yol verilir.

İkinci etikette motorun etiketinde üçgen çalışmada 220 v yazılı olduğu için bu da verilen şebeke geriliminden küçüktür. Bu etikette sahip motora yıldız-üçgen yol verme yöntemiyle yol verilmez. Ancak motor şebekeye sadece yıldız bağlanabilir. Yıldız-üçgen yol verme ya da sadece üçgen bağlanırsa stator sargıları yanabilir.



Şekil 5.24: Motor etiketleri

Yıldız-üçgen yol vermede, motorun yük momenti, yıldız bağlama durumundaki motor momentinden büyükse yıldız bağlamada motor yol alamaz. Örneğin, pistonlu ve dişli pompalarda, kompresörlerde, haddelerde, bant konveyörlerde, değirmenlerde, talaş kalınlığı sabit tezgâhlarda vb. yerlerde motora, yıldız-üçgen yol vermek istenirse yükün bir kaplin aracılığı ile motor milinden ayrılması gerekir.

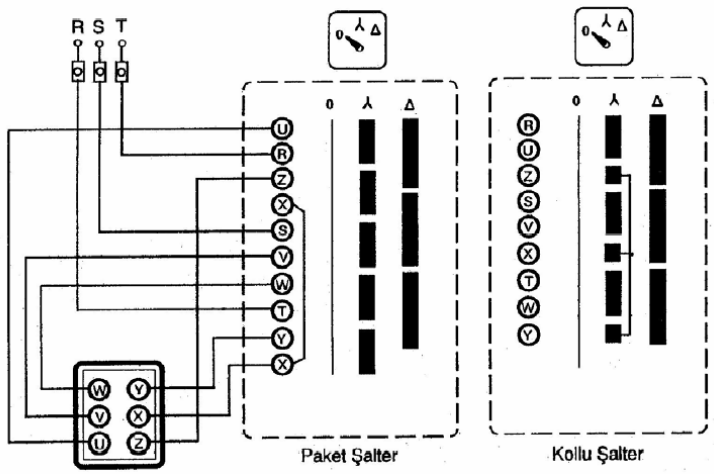
Asenkron motorlara paket şalter ve otomatik yıldız üçgen yol verme yöntemiyle yol verilebilir. Bu yıldız-üçgen yol verme yöntemleri incelensin.

b. Paket Şalterle Asenkron Motora Yıldız-Üçgen Yol Verilmesi

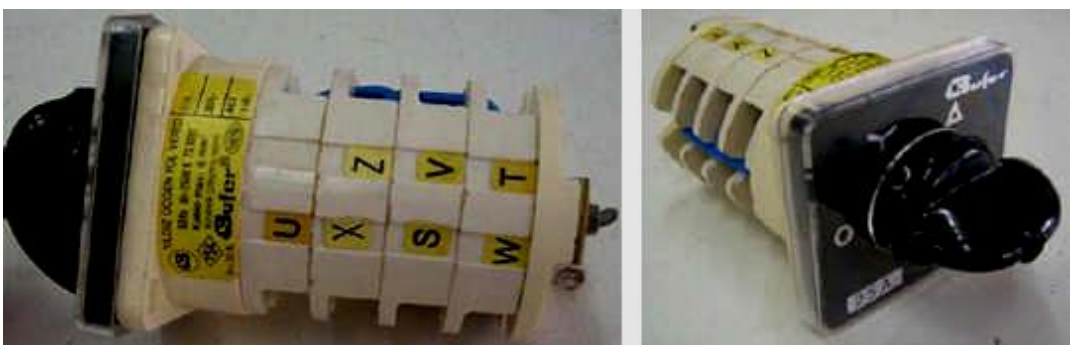
Bir mil üzerine üst üste yerleştirilmiş disklerden meydana gelen çok konumlu şalterlere "paket şalter" denir. Genellikle küçük güçteki motorların kumandasında kullanılır. Mil üzerine yerleştirilmiş olan disklerdeki kamlar sayesinde kontaklar mekanik olarak açılır veya kapanır. Disk sayısı artıkça kontrol edilen kontak sayısı da buna bağlı olarak artar.

Uygulamada az da olsa bazı yerlerde bu tip şalterler kullanılarak yıldız-üçgen yol vermenin yapıldığı görülmektedir. Çok büyük güçlü olmayan motorlar da uygulanır. Kullanılacak şalterin motor akımına uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Tambur tip yıldız-üçgen şalterin motor devresinin bağlantısı ve paket tipi yıldız-üçgen şalterin şeması Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu şalterlerle yol vermede yıldız bağlama süresi, şalteri kullananın kontrolündedir. Motor, normal hızına ulaştığı anda, şalter üçgen konumuna getirilmelidir. Durdurma anında, hızlı bir şekilde sıfır konumuna alınmalıdır.

Üç fazlı asenkron motorlara yıldız-üçgen yol verilebilmesi için bütün sargı uçlarının klemens tablosuna çıkartılması gerekir. Paket tip yıldız-üçgen şalterin 9 tane bağlantı ucu vardı. Bunların 3 tanesi RST şebeke faz uçları, 3 tanesine UVW sargı giriş uçları, 3 tanesine de ZXY sargı çıkış uçları bağlanır.



Şekil 5.25: Tambur tip yıldız-üçgen ve paket tipi yıldız-üçgen şalterin bağlantısı



Resim 5.26: Çeşitli paket şalter resimleri

Paket λ/Δ şalterler genellikle gücü fazla büyük olmayan motorlara yol vermede ekonomik olmaları nedeniyle kullanılır, bunun dışında fazla kullanılmaz.

Paket tip λ/Δ şalterin fazla kullanılmama nedenleri şu şekilde açıklanabilir:

- λ/Δ yol vermede yıldız çalışma süresi ve yıldızdan üçgene geçiş süresi çok önemli olduğu halde bu süreler, şalterle kumanda eden kişinin tecrübesine bırakılmıştır.
- Büyük güçlü motorlarda paket şalterle λ/Δ yol verildiğinde frenleme sistemi kullanılamaz.
- Paket tip λ/Δ şalter kullanıldığında uzaktan kumanda yapılamaz.
- Motora zaman ayarlı devre ve koruma röleleri bağlanamaz.
- Paket tip λ/Δ şalterle kumanda edilen motor çalışırken şebeke enerjisi kesildiğinde şalter 0 konumuna alınmalıdır. Aksi takdirde enerji tekrar geldiğinde, motor Δ olarak yol alır ve motorda önemli arızalar oluşur.

Yukarıda sayılan sakıncalardan dolayı büyük güçlü motorlara genellikle λ/Δ şalterlerle (kontaktör ve zaman rölesi ile) yol verilir.

c. Otomatik Yıldız - Üçgen Yol Verme Devresi

Kalkış akımını düşürmede en ekonomik yöntemdir. Üç kontaktör ile bir zaman rölesinden oluşan kontaktör kombinasyonudur. Sanayide yoğun olarak kullanılan yol verme yöntemidir.

- **Kontaktör**: Elektrik devrelerini açıp kapayan, elektro manyetik şalterlere kontaktör denir. Yapısında bobin, palet ve kontaklar bulunur.

Resim 5.27: Çeşitli Kontaktörler

- **Zaman rölesi (düz):** Bobin enerjilendiğinde belli bir süre (ayarlanan süre) içinde normalde açık kontaklarını kapatan, kapalı kontaklarını açan kumanda elemanıdır. Enerji kesildiğinde de kontaklarını ani olarak eski konumlarına döner.

Resim 5.28: Çeşitli zaman röleleri

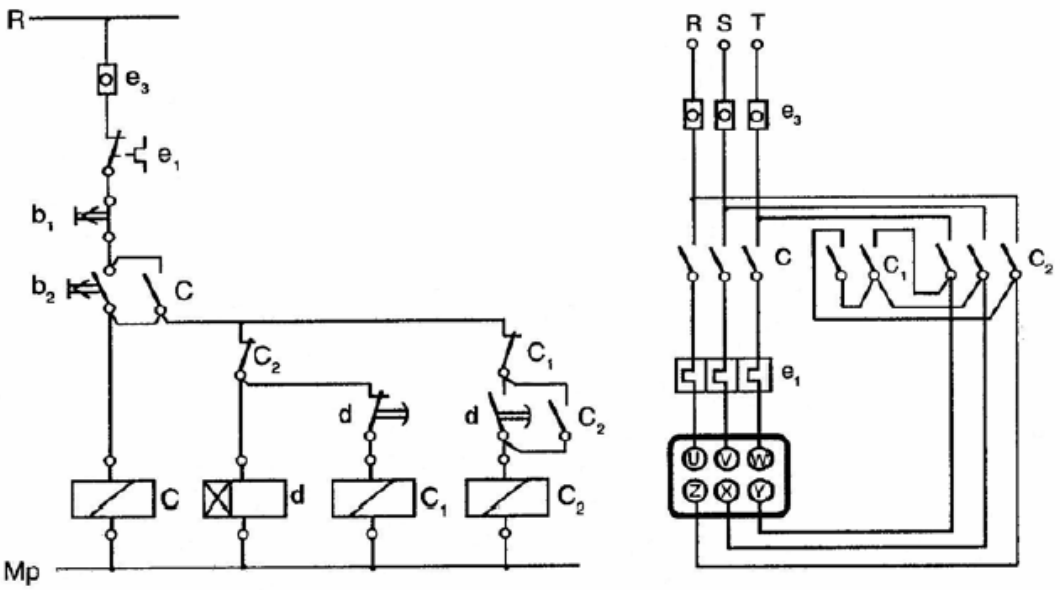
- **Kumanda butonları**: Otomatik kumanda devrelerinde röle ve kontaktör bobinlerini çalıştırıp durduran kumanda elemanlardır.

Resim 5.29: Çeşitli kumanda butonları

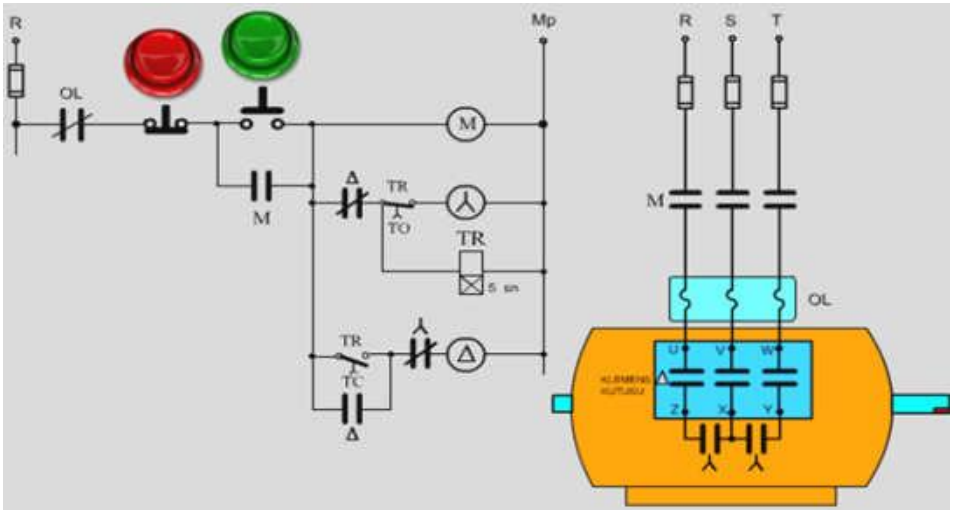
- **Aşırı akım rölesi**: Herhangi bir arızadan dolayı meydana gelen aşırı akımlara karşı motor sargılarını koruyan elemanlara denir.

Resim 5.30: Aşırı akım rölesi

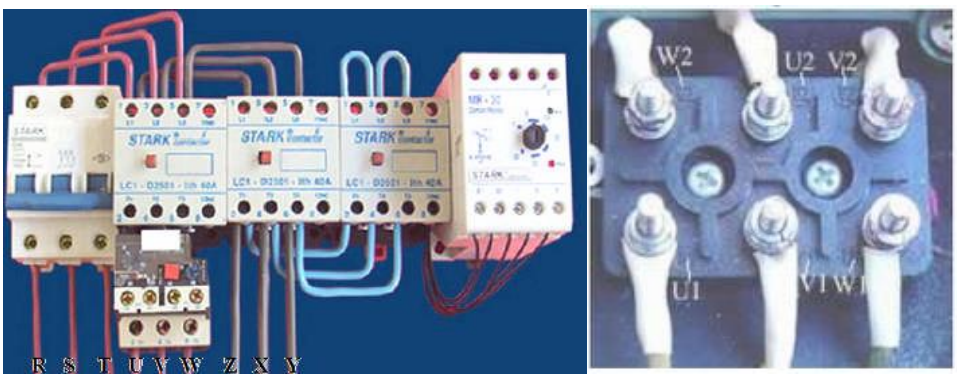
Şekil 5.31 ve şekil 5.32 'de çeşitli normlardaki otomatik yıldız –üçgen yol vermenin kumanda ve güç şemaları görülmektedir.



Şekil 5.31: Otomatik yıldız-üçgen yol verme kumanda ve güç devresi (Alman, Türk normu)



Şekil 5.32: Otomatik yıldız-üçgen yol verme kumanda ve güç devresi (Amerikan normu)



Resim 5.33: Yıldız-üçgen yol verme devresi ve motor bağlantısı

5.1.3. Servo Motorlar

5.1.3.1. Servo Motorların Tanımı

Servo motor aslında bir motor kontrol yöntemidir. Pozisyon ve hız kontrolünün gerektiği uygulamalarda, pozisyon ve hız bilgisi geri besleme (feed back) ile bir karar verme ünitesine gönderilerek sistemin davranışı ayarlanmaktadır. İçinde step motor kullanılmayan kapalı devre sistemlerde servo sistem diye adlandırılmaktadır. Bu yüzden hız kontrolü yapılan basit bir AC indüksiyon motoru da servo motor olarak adlandırılabilir.

Servo motorları normal motorlardan farklı kılan çok geniş bir hız komutunu yerine getirecek şekilde tasarlanmış olmasıdır.

Servo motorlar kullanıcının komutlarını yerine getiren motorlardır. Bu komutlar pozisyon, hız ve hız ve pozisyonun bileşimi komutlar olabilir. Bir servo motor şu özelliklere sahip olmalıdır:

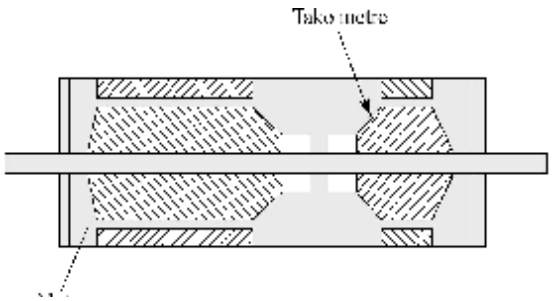
- Geniş bir hız yelpazesinde kararlı olarak çalışabilmelidir.
- Devir sayısı, hızlı ve düzgün bir şekilde değiştirilebilmelidir.
- Küçük boyuttan büyük moment elde edilebilmelidir.

Resim 5.34: Örnek servo motorlar

Servo motorlar, dijital (sayısal) kontrollü makineler, pozisyon belirleme sistemleri, bilgisayar donanımları, bellekli makineler, askerî cihazlar, büro makineleri, alternatör devir ayar mekanizmaları vb. yerlerde kullanılmaktadır.

5.1.3.2. Servo Motorun Yapısı

Servo motorlar prensip olarak bir motor ve geri bildirim ünitesinden meydana gelir. Motor DC ya da AC olabilir. Geri bildirim ünitesi de tako genaratörü ya da kodlayıcı olabilir.



Şekil 5.35: Servo motor prensip şeması

Servo motorlar AC ya da DC olabilir. İlk zamanlarda genelde DC motorlar tercih edilirdi; çünkü uzun yıllar yüksek akımlar için tek kontrol yöntemi tristörler kullanmaktaydı. Transistörler yüksek akımları kontrol etme yeteneği kazandıkça AC servo motorlar daha sık kullanılmaya başlandı.

Resim 5.36: Çeşitli servo motor ve parçaları

Servo motorları ile diğer motorlar arasında birinci fark, çok hızlı ivmelendirme ve frenleme yapabilmeleridir. Bunun için döndürme momentinin büyük, eylemsizlik momentinin olabildiğince küçük olması gerekir. Bunu sağlamanın da iki yöntemi vardır:

Birincisi, eylemsizlik momenti bir silindirde çapa bağlıdır. O hâlde rotor çapı küçük tutulmak zorundadır. Gerekirse uzunluk arttırılabilir. Çünkü eylemsizlik momentine uzunluk orantılı etki yaparken çap üstsel etkiler. Bu yüzden tüm servo motorların ortak özelliği çaplarının küçük, boylarının uzun olmasıdır.

Eylemsizliği etkileyen diğer husus rotorun ağırlığıdır. Servo motorların rotorları hafif yapılır. Rotor demir yerine, daha hafif yalıtkan bir malzemeden yapılırsa eylemsizlik momenti 8-10 defa azalır. Hızlanma, yavaşlama normal motorda saniyelerle ölçüldüğü hâlde, servo motorlarda milisaniye ile ölçülür.

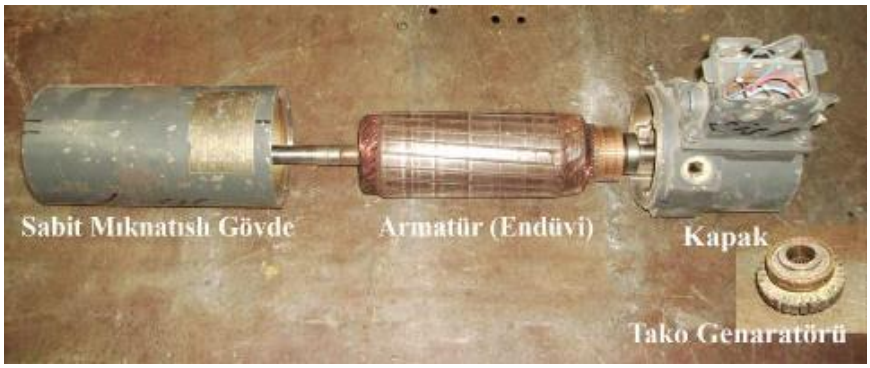
Servo sistemlerde ihtiyaca göre değişik tipte motor kullanılabilir. DC motor, fırçasız DC motor ve sincap kafesli AC motor servo motorun tercih edilenleridir.

5.1.3.3. Servo Motorun Çeşitleri

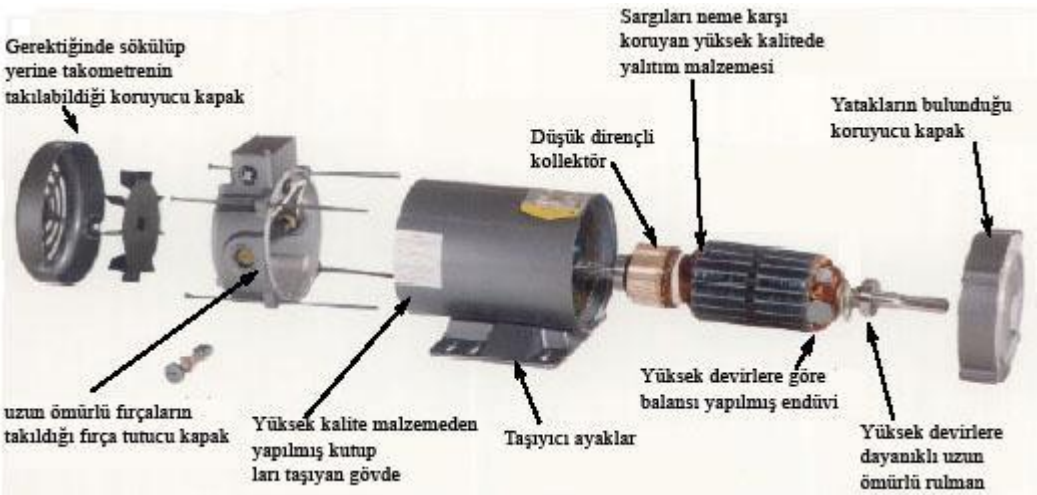
a. DC Servo Motor

Bu motorlar klasik DC motorlar gibi üretilir; fakat boyutları küçüktür ve ataleti küçültmek için uzunluk/yarıçap oranı yüksektir.

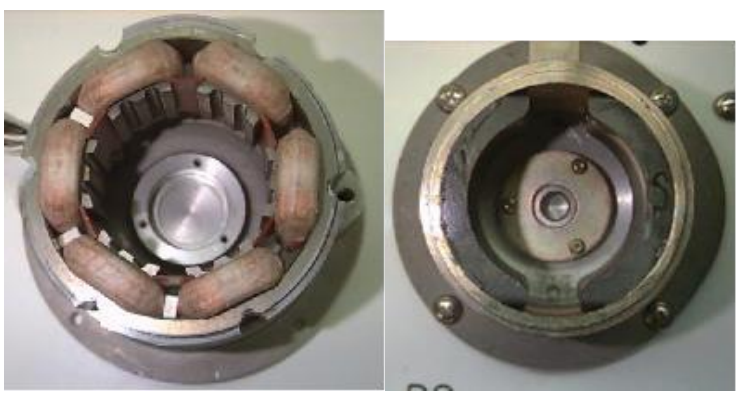
Alan sargısı (endüktör) kullanılabilir. Alternatif olarak alan sistemi sabit mıknatıslarla (genelde ferrit) kurulabilir, bu durumda motor sabit mıknatıslı DC motor (PMDC) olarak bilinir ve sadece endüvi kontrol edilebilir. PMDC motorlar küçük yüklerde kullanılır.



Resim 5.37: Sabit mıknatıslı DC servo motor parçaları



Resim 5.38: Alan sargılı DC servo motor

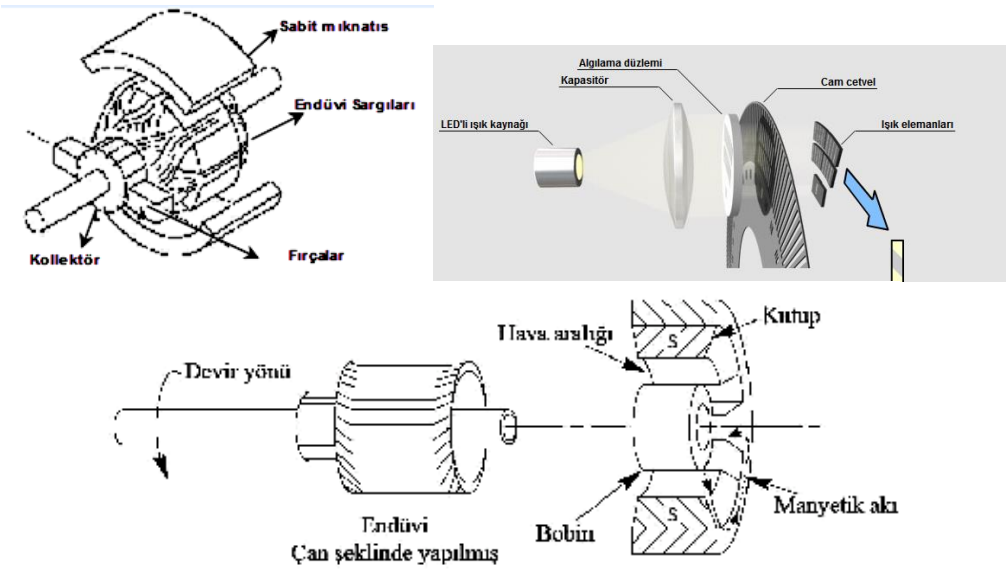


Resim 5.39: Sabit mıknatıslı ve alan sargılı DC motor gövdeleri

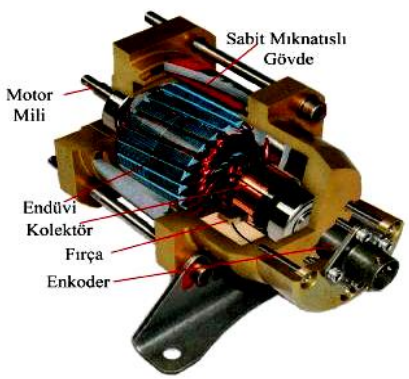
DC servo motorların kontrol karakteristikleri AC servo motorlardan daha üstündür. DC servo motor ağır yükleri değişen hızlarda kontrol edebilir. DC servo motorun diğer bir üstünlüğü de düşük hızlarda yüksek tork üretmesidir.

DC motorun dönme yönü ve hızı endüvi akımı ile belirlenir. Endüvi akımındaki artış, hızı da artırır. Endüvi akımının yönünü değiştirmek motorun dönüş yönünü de değiştirir.

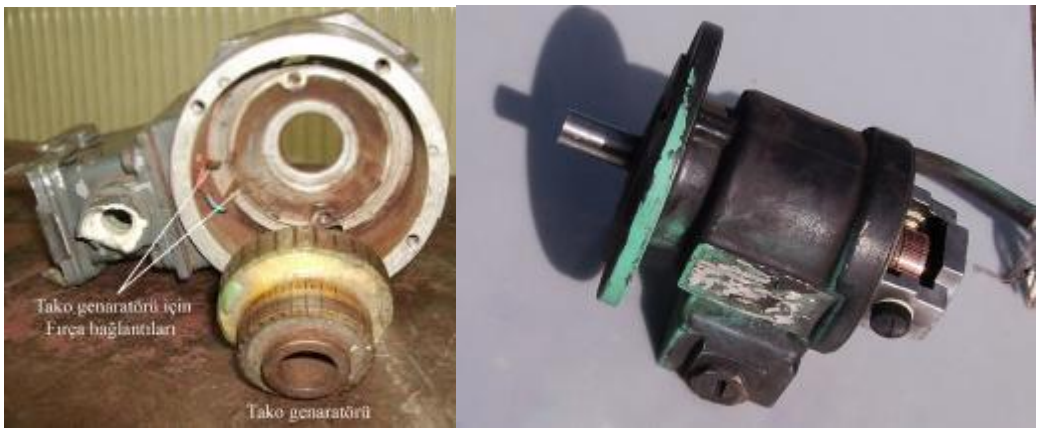
DC motorların çoğu ya küçük yükler için kullanılan sabit mıknatıslı tiptir ya da ağır yükler için kullanılan şönt alan sargılı tipidir. Bunlardan başka, disk rotorlu servo motorlar kısa ve hafif oldukları için robot mafsallarında kullanılır. Hareket elemanı olarak ince ve uzun rotorlu servo motorlar kullanılır. Boyutları çok küçük olduğu için her ortama montajı kolay olduğundan, çan tipi rotorlu servo motorlar ise 3000 dev/dk. gibi yüksek hızlara çok çabuk ulaşabilme özelliğine sahip olduğundan kullanılır.



Şekil 5.40: Sabit mıknatıslı, disk rotorlu ve çan tipi motor prensip şemaları



Resim 5.41: Sabit mıknatıslı bir DC servo motorun iç yapısı

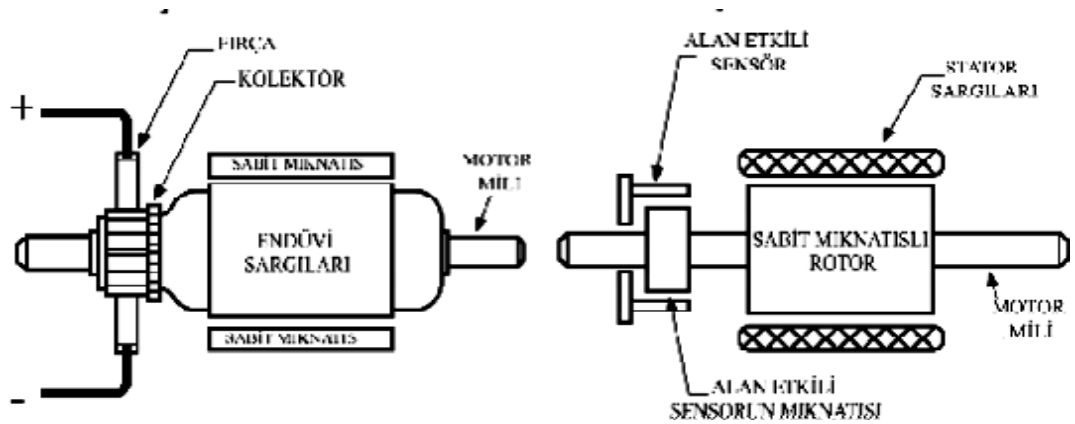


Resim 5.42: Mile bağlanan tako genaratörü ve milden bağımsız tako genaratörü

Tako genaratörünün de normal bir DC dinamodan hiçbir farkı yoktur. Motor miline akuple olabildiği gibi motor milinden farklı bir yere de takılabilir. Tako genaratörü ürettiği gerilimi karşılaştırıcı adı verilen elektronik devreye gönderir. Üretilen gerilim olması gerekenden az ise motor hızlandırılır fazla ise motor yavaşlatılır. Böylece hız sürekli kontrol edilmiş ve sabitlenmiş olur.

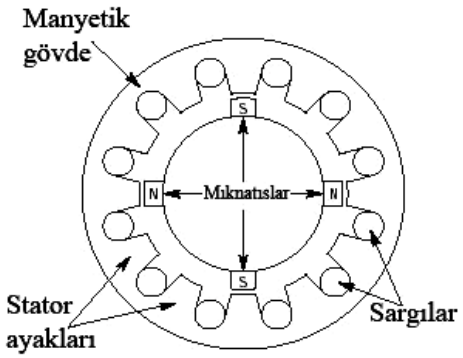
b. Fırçasız DC Servo Motor

Bu motorlara fırçasız denmesinin nedeni, adından da anlaşıldığı üzere fırçaların ve kolektörün bulunmamasıdır. Brushless DC'nin kısaltması BLDC olarak da anılır. Temel prensip ve çalışma şekli fırçalı DC motorla aynıdır. Şekilde açıkça görüldüğü gibi tek fark bobinlerin motorun gövdesinde, sabit mıknatısların ise rotorda bulunmasıdır.



Şekil 5.43: Fırçasız DC ServoMotor

Bu motorda rotor ve stator yer değiştirmiştir. Bunun avantajı, fırça ve kolektör sisteminin kalkması, dolayısıyla sürtünmeden ve fırça/kolektör ikilisinin oluşturduğu dirençten dolayı oluşan elektrik/mekanik kayıpların ortadan kalkmasıdır.



Şekil 5.44: BLDC prensip şeması

Aynı zamanda bu tasarım, mekanik olarak kontrol edilmediği için bobinlerin sayısının arttırılmasına da izin verdiğinden bu motorlardan çok yüksek tork almak mümkündür.

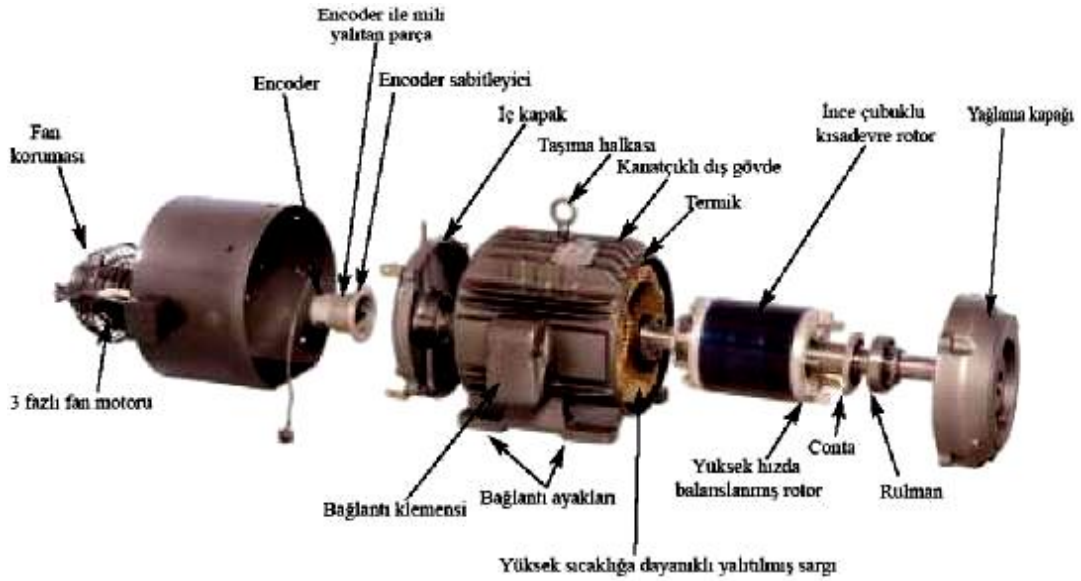
Dezavantajı ise kolektörün yerini elektronik bir devrenin alması yani motorun çalışabilmesi için ek donanımlar gerektirmesidir. Kolektör/fırça sistemi ile kolayca elde edilen bobinlerin sıralı enerjilendirilmesi, elektronik devreler tarafından yapılmalıdır. Bu da motoru kullanmak isteyen kişilere ek maliyet getirmektedir.

Aynı güçteki bir motora oranla daha küçük, daha hafif olması, sağlıklı devir kontrolü yapılabilmesi, ek maliyeti affettirebilir. Buna rağmen elektronik sensörlerin fırça/kolektör ikilisi kadar hassas olamaması bu tip motorların kullanım alanını kısıtlamıştır.

Resim 5.45: Fırçasız DC motor parçaları

c. AC Servo Motor

AC servo motorların çoğu ya iki fazlı ya da bölünmüş fazlı indüksiyon tipindedir. Temel olarak her ne kadar gerilimin genliğini belirli sınırlar içinde değiştirmek suretiyle hızı değiştirilebilse de bu motorlar sabit hızlı cihazlardır.

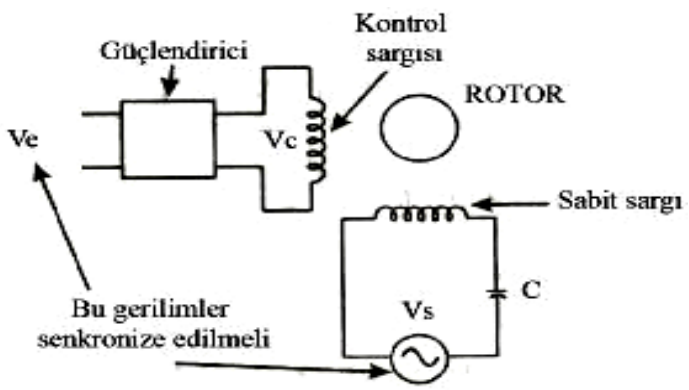


Resim 5.46: AC servo motorun iç yapısı

Bir AC servo motor esas olarak ayrık fazlı AC motorla aynıdır. Aralarında bir tek önemli fark vardır. Servo motorun sincap kafesli rotorunda daha ince çubuklar vardır.

AC servo motorun iki sarımı ana sargı ve kontrol sargısı olarak bilinir. Servo motorun iki farklı alan sargılarının tanımlanmasında sabit faz ve kontrol fazı terimleri de kullanılır.

Kontrol sargısına uygulanan gerilim kuvvetlendiricinin çıkışından alınır. Kuvvetlendiricinin girişi ise hata gerilimidir ki bu da nesnenin istenen konumdan ne kadar uzak olduğuna bağlıdır.



Şekil 5.47: AC servo motorun bağlantı şeması

- **AC servo motorun avantajları:**

  - Yüksek güvenilirliği
  - Bakımının az olması
  - Hareket halinde elektrik kontaklarının olmayışı

- **AC servo motorun dezavantajları:**

  - Düşük verimlilik
  - Yüksek ısı yayılımı - kafes ısısını düşük tutmak için bir fan motoru şarttır.
  - AC kare dalga güç kaynağı ihtiyacı

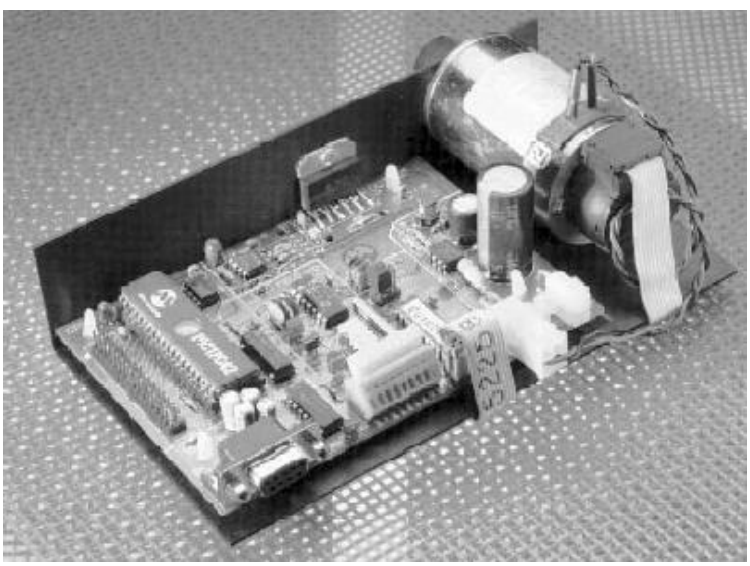
Bu motorlar 1kW'a kadar büyüklükte yapılır ve genelde servo sistemlerde kullanılır.

5.1.3.4. Servo Motorun Bakımı

a. Servo Motorun Çalışma Şartları

Servo motorlar tek bir motordan oluşan basit sistemlerden onlarca motorun aynı merkezden kumandasının yapıldığı karmaşık sistemlere kadar birçok alanda kullanılabilir.

Basit sistemlerde genellikle bir elektronik sürücü devresi yeterlidir. Model uçak gibi bir sistemde elektronik sürücü motorun hızını istenen değerde ayarlar.

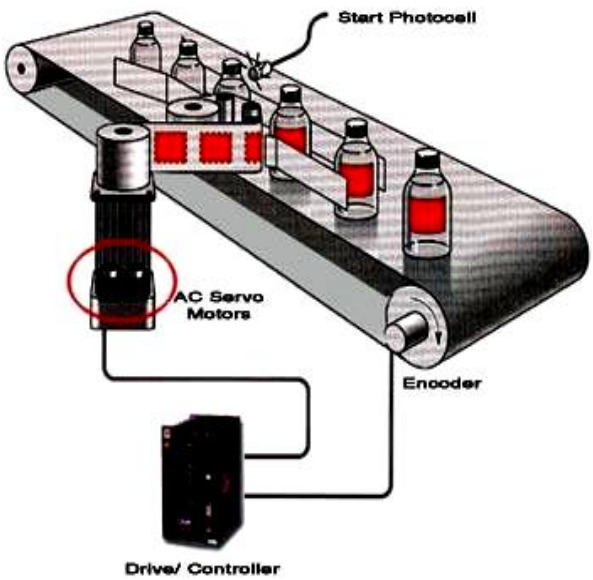


Resim 5.48: Basit bir servo motor uygulaması

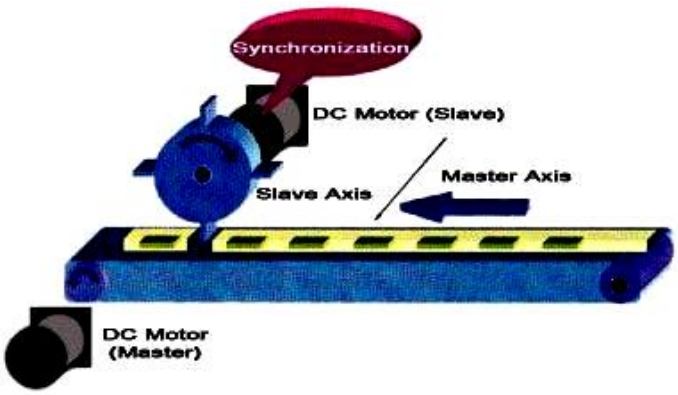
Karmaşık sistemlerde ise bilgisayarlardan faydalanılır. İplik fabrikası gibi bir sistemde birden fazla servo motordan oluşan sistemin kontrolü bilgisayar ile yapılabilir.

Resim 5.49: Bilgisayar kontrollü servo motor sistemi

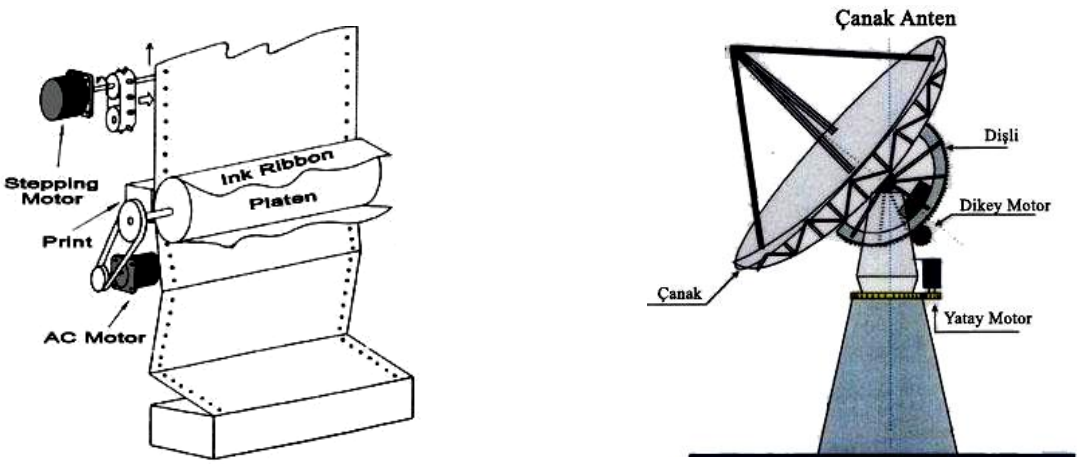
Servo motorlar çok çeşitli sistemlerde kullanılır. Robotlarda, nümerik kontrollü makinelerde, otomatik kaynak makinelerinde, pres makinelerinde, paketleme makinelerinde, ölçüm makinelerinde, sargı makinelerinde, yarı iletken üretim ünitelerinde, yüksek hızlı çip yerleştirmede, tıbbi cihazlarda, anten sürücüleri, CD sürücüleri, tekstil makineleri gibi birçok yerde servo motor kullanılmaktadır. Resimlerde bunlardan birkaçının örnekleri verilmiştir.



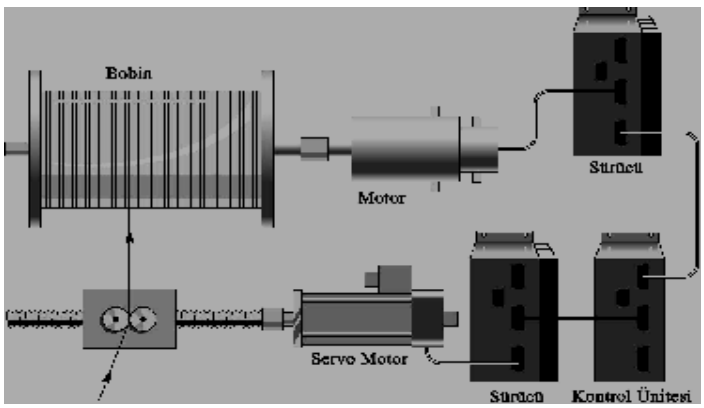
Resim 5.50: Etiketleme bandı



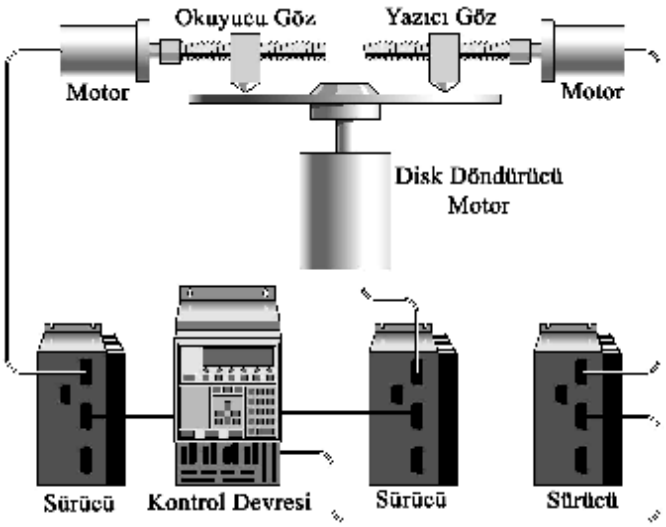
Resim 5.51: Parçaları eşit boyda kesme işleminde



Resim 5.52: a)Yazıcılarda b) Çanak antende



Resim 5.53: Bobin sarma makinesinde



Resim 5.54: CD sürücülerde

Resim 5.55: Tekstil makinelerinde

Kısacası servo motorlar hız ve konum kontrolü istenen her yerde kullanılabilir.

b. Servo Motorlarda Kullanılan Aktarma Organları

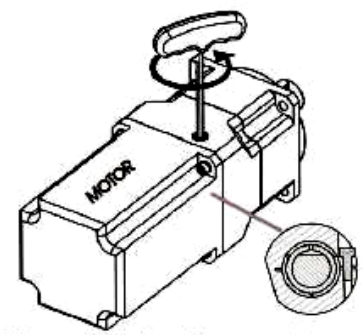
Servo motorlarda kullanılan aktarma organları genellikle tork arttırma amaçlı kullanılır. Motor gövdesine vidalarla tutturulur. Aktarma organları genellikle dişli sistemlerden oluşur. Bakıma ihtiyaç duyar. Zamanla dişlilerin aşınması gibi sorunlar nedeniyle aktarma organlarının yenisi ile değiştirilmesi gerekebilir.

Resim 5.56: Aktarma organlarının iç yapısı

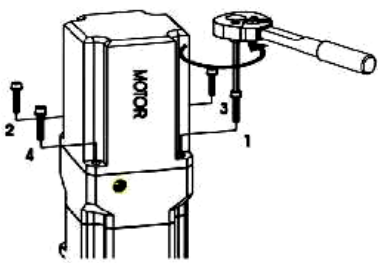
Aktarma organlarında kullanılan dişliler plastik ya da metalden olabilir. Resimlerde bunlara birkaç örnek gösterilmiştir.

Resim 5.57: Aktarma organlarında kullanılan çeşitli dişliler

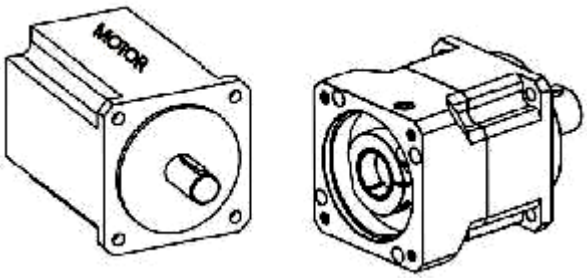
Aktarma organını motordan sökmek ve motora bağlamak için gerekli talimat şekillerle anlatılmıştır.



Motor milini sıkan vidayı gevşetin

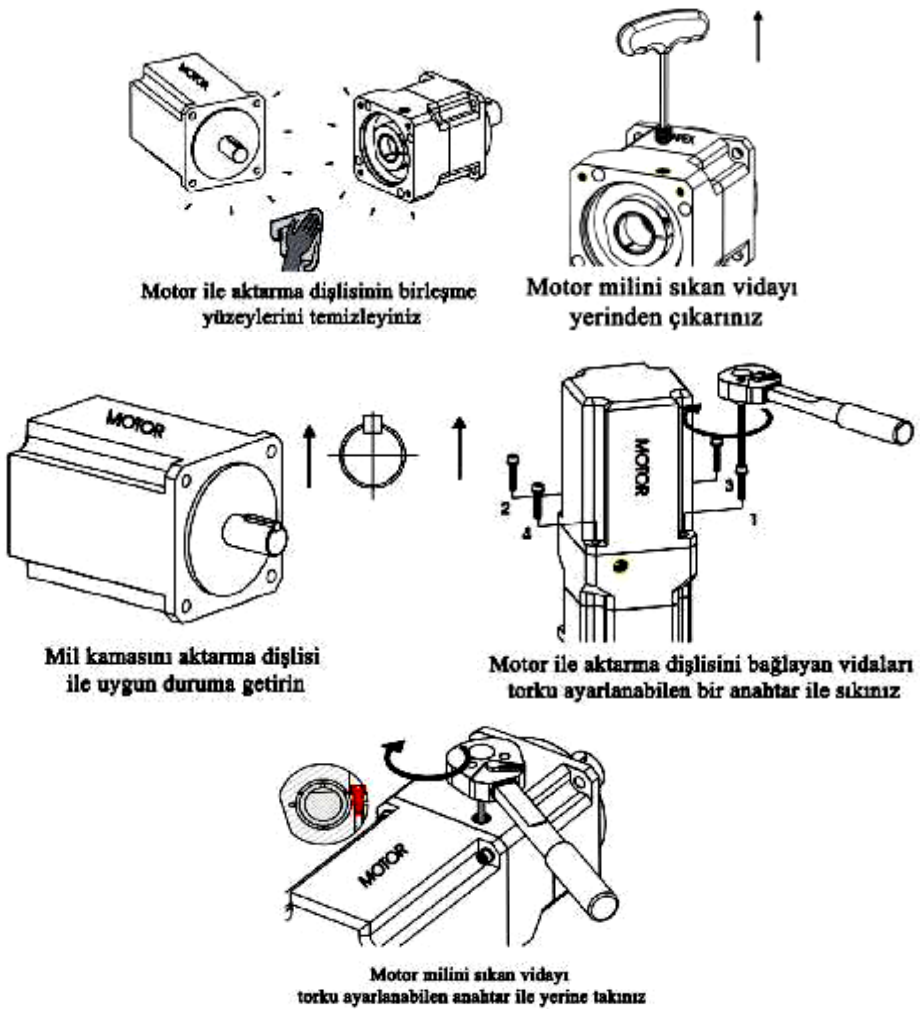


Motor ile aktarma dişlisini bağlayan vidaları dikkatlice sökün



Şekil 5.58: Aktarma organı sökme işlemi

Talimata uygun bir şekilde sökülen aktarma organında arıza varsa yenisi ile değiştirilir. Motora gerekli bakım yapıldıktan sonra veya yeni bir aktarma organı takılacaksa aşağıda şekillerle anlatıldığı gibi takma işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 5.59: Aktarma organını motora takma işlemi

5.1.4. Step Motor

5.1.4.1. Step Motorların Tanımı ve Yapısı

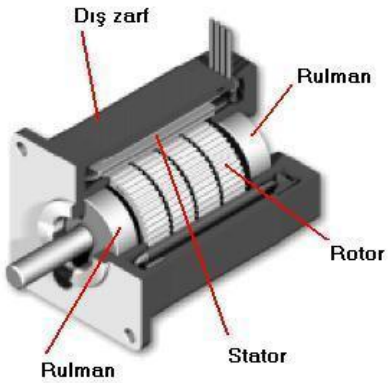
Adım motorları, adından da anlaşılacağı gibi adım adım hareket eden yani sargılarından birinin enerjilenmesi ile sadece 1 adım hareket eden motorlardır. Bu adımın kaç derece olacağı motorun tasarımına bağlıdır.

Adım motor, elektrik enerjisini dönme hareketine çeviren eletro-mekanik bir cihazdır. Elektrik enerjisi alındığında rotor ve buna bağlı şaft, sabit açısal birimlerde (adım-adım) dönmeye başlar. Adım motorlar, çok yüksek hızlı anahtarlama özelliğine sahip bir sürücüye bağlıdır (adım motor sürücüsü). Bu sürücü, bir encoder, PC veya PLC'den giriş palsları alır. Alınan her giriş palsinde motor, bir adım ilerler. Adım motorlar, bir turundaki adım sayısı ile anılır. Örnek olarak 400 adımlık bir adım motor, bir tam dönüşünde (360º) 400 adım yapar. Bu durumda bir adımın açısı 360/400 = 0,9º derecedir. Bu değer, adım motorun hassasiyetinin bir göstergesidir. Bir devirdeki adım sayısı yükseldikçe adım motor hassasiyeti ve dolayısı ile maliyeti artar.

Resim 5.60: Çeşitli adım motorlar

Adım motorlar, yarım adım modunda çalıştıklarında hassasiyetleri daha da artar. Örnek olarak 400 adım/tur değerindeki bir adım motor, yarım adım modunda tur başına 800 adım yapar. Bu da 0,9 ºye oranla daha hassas olan 0,045º bir adım açısı anlamına gelir. Bazı adım motorlarda mikro adım tekniği ile adım açılarının daha da azaltılması söz konusudur.

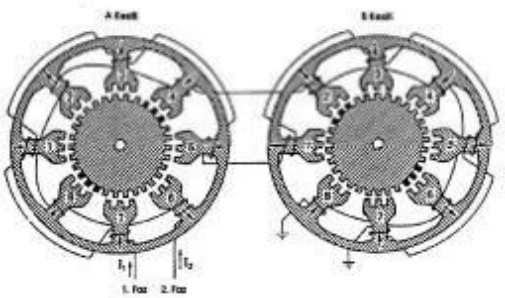
Resim 5.60'ta değişik büyüklüklerde ve çeşitlerde adım motor örnekleri görülmektedir.



Resim 5.61: Adım motorun kesiti

Bir adım motor, resim 5.61'de görüldüğü gibi stator, rotor, bunları kapatan bir dış zarf, rotora bağlı şaftın rahat hareket etmesini sağlayan rulmanlardan oluşmuştur.

Adım motor statorunun birçok kutbu (genellikle sekiz) vardır. Bunların polaritesi elektronik anahtarlar yardımıyla değiştirilir. Rotorun mıknatıslığı ise ya sabit mıknatıs ile veya dış uyartım metotlarıyla oluşturulur. Daha iyi seçicilik elde etmek için rotor ve stator üzerine küçük dişler açılmaktadır (Şekil 5.62).

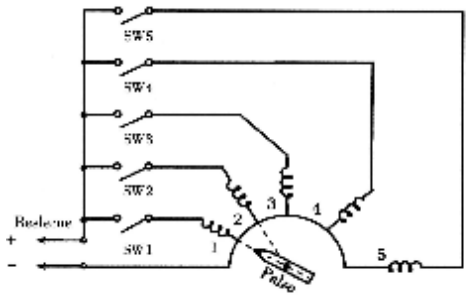


Şekil 5.62: Sekiz kutuplu adım motorun iç yapısı

Adım motorlar, robot teknolojisinde sıkça kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca maliyetinin düşük olması diğer motorlara (servo) karşı bir üstünlüğüdür. Adım motorların tercih edilmesinin ikinci bir nedeni, tutma karakteristiğinin robotlarla bağdaşmasıdır.

Adım motorun çalışma prensibi Şekil 5.63'te gösterilmiştir. Anahtarlar yardımıyla sargılara enerji uygulandığında rotor, enerji uygulanan sargının karşısına gelerek durur. Bu dönme miktarı, motorun yapısına bağlı olarak değişir. Bu dönme açısı, adım motorlarda belirleyici bir parametredir.

Adım motoru sürekli hareket ettirmek istenirse sargılara sırasıyla enerji verilmelidir. Bir sargıya enerji verildiğinde rotor sargının karşısına gelerek durur. Diğer sargıya enerjiyi verinceye kadar burada kitlenir. Bu da adım motorların bir özelliğidir.



Şekil 5.63: Adım motorun çalışma prensip şeması

Adım motorların özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Hata, yalnız adım hatasıdır.
- Motor bakımı kolaydır.
- Tasarım maliyeti ucuzdur.
- Otomatik kilitleme özelliğine sahiptir.
- Yüke yeterli momenti sağlar.
- Isınma gibi olumsuzluklardan meydana gelebilecek zararlar en azdır.
- Hızı programlama yoluyla ayarlanabilir.
- Mikrobilgisayarlar ile kolayca kontrol edilebilir.
- Çalışma sırasında hızı sabit kalır.
- Kullanım ömrü uzundur.

Adım motorların kullanıldığı yerler bant sürücüleri, imalat tezgâhları, yazıcılar, teyp sürücüleri, tıbbi cihazlar, makine tezgâhları, dikiş makineleri, taksimetreler, kart okuyucular olarak sayılabilir.

Sonuç olarak adım motorlar, her türlü kontrol edilmiş hareket ve pozisyon gerekli olan yerlerde dijital bilgileri mekanik harekete çeviren bir transduser olarak görev yapar.

Adım motor seçiminde birçok kıstas mevcuttur. En iyi seçimi yapabilmek için ekonomik olmasının yanında kapsamlı mekanik yapı, yükün durumu ve elektronik sürücü devre ihtiyaçlarının göz önüne alınması gerekir. En basit seçim, motorun tork ihtiyacı bakımından verimliliği esas alınarak yapılandır.

5.1.4.2. Step Motorların Çeşitleri

Adım motorlar yapılarına göre 5 çeşittir:

- **Sabit mıknatıslı adım motorlar (PM)**
  - İki fazlı sabit mıknatıslı iki fazlı adım motor
  - Orta uçlu sargılara sahip sabit mıknatıslı adım motor
  - Disk tipi sabit mıknatıslı adım motor
  - Dört fazlı sabit mıknatıslı adım motor

- **Değişken relüktanslı adım motorlar (VR)**
  - Tek parçalı
  - Çok parçalı

- **Hybrid adım motorlar**
- **Hidrolik adım motorlar**
- **Lineer adım motorlar**

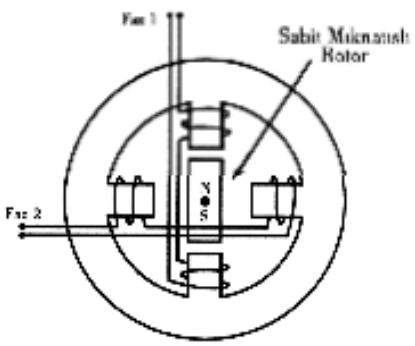
a. Sabit Mıknatıslı Adım Motorlar

Bu tip motorlar, değişken relüktanslı motorlara benzer; fakat rotorları, N ve S kutbuna sahip sabit mıknatıstan meydana gelir.

Resim 5.64: Sabit mıknatıslı adım motoru

- **Sabit Mıknatıslı İki Fazlı Adım Motor**

En basit olarak sabit mıknatıslı adım motoru, oyuklu dört kutuplu stator içinde dönen iki kutuplu sabit mıknatıslı rotordan meydana gelmiştir. Böyle bir adım motorun yapısı Şekil 5.66'da verilmiştir.



Şekil 5.65: Sabit mıknatıslı adım motorun yapısı

Bu motorun çalışması, temel çalışma prensibinde açıklandığı gibidir. Birinci sargıya (faz 1'e) gerilim uygulandığında rotor, bu sargıların karşısında duracak şekilde hareket eder.

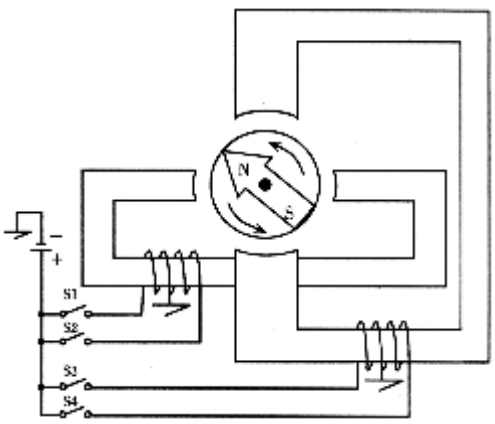
Birinci sargı gerilimi kesilip ikinci sargıya (faz 2'ye) gerilim uygulandığında rotor, bu kez ikinci sargıların karşısında olacak şekilde döner ve durur. Bu şekilde 90°'lik dönme tamamlanmıştır (birinci adım=360º: 4 = 90º).

Dönmenin devamı için bu kez faz 1'e uygulanacak gerilim öncekinin tersi yönünde olmalıdır. Bu, dönüşün aynı yönde olması için şarttır; çünkü faz 1'e gerilim değiştirmeden uygulasaydık rotor, ilk durumuna geri dönecektir. Bir ileri bir geri hareket ise dönme hareketi vermeyecektir.

- **Orta Uçlu Sargılara Sahip Sabit Mıknatıslı Adım Motor**

Faz 1 ve faz 2'ye uygulanacak gerilimi değiştirmenin en kolay yolu, orta uçlu (merkez uçlu) sargı kullanmaktır (Şekil 5.66). Çünkü orta uca göre yan uçlara uygulanacak aynı gerilim birbirinin zıttı manyetik alanlar oluşturur. Ayrıca iki fazlı orta uçlu bobinlere sahip adım motora, orta uç üzerinden ayrı ayrı gerilim uygulanırsa dört fazlı motor gibi çalışması sağlanabilir.

Adım motorun sargılarına uygulanacak gerilim yönüne göre rotorun hareketi saat ibresi yönünde (CW) veya saat ibresinin tersi yönünde (CCW) gerçekleştirilebilir. PM motorun stator sargıları DC kare dalga ile sürülür. Kare dalga palsler art arda uygulanacak olursa rotor, normal motorlarda olduğu gibi sabit hızda döner.



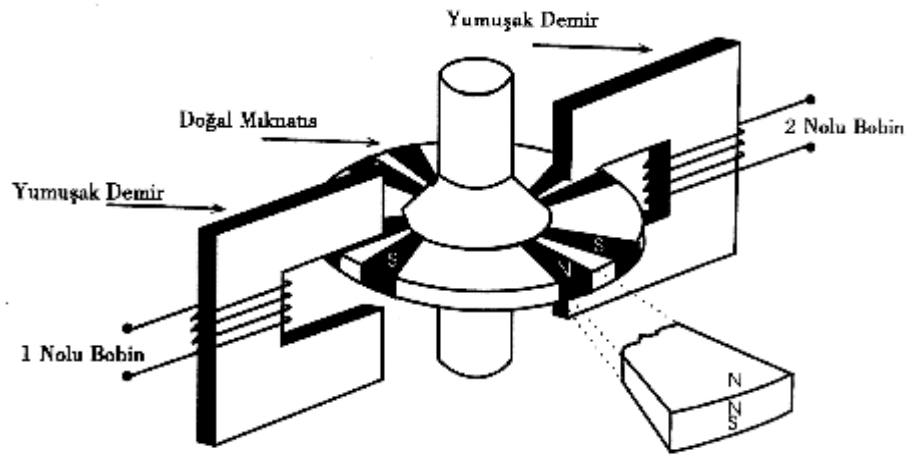
Şekil 5.66: Orta uçlu sabit mıknatıslı adım motorun yapısı

Orta uçlu sabit mıknatıslı bir adım motorun en basit kontrolü şekil 5.67 ile gerçekleştirilebilir. Adım motorun çalışması için S1, S2, S3 ve S4 anahtarları üzerinden faz 1 ve faz 2 sargılarına sırası ile uygun faz ve gerilim uygulanmalıdır.

Devrede kullanılan motorun 90 ºlik adımlarla dönmesini istersek Tablo 3'te verilen dört değişik çalışma durumu (kodları) art arda uygulanmalıdır.

- **Disk Tipi Sabit Mıknatıslı Adım Motor**

Rotoru ince ve mıknatıslığı seyrek olacak şekilde yapılan adım motorlara **disk tipi sabit mıknatıslı adım motor** denir.



Şekil 5.67: Disk tipi adım motorun yapısı

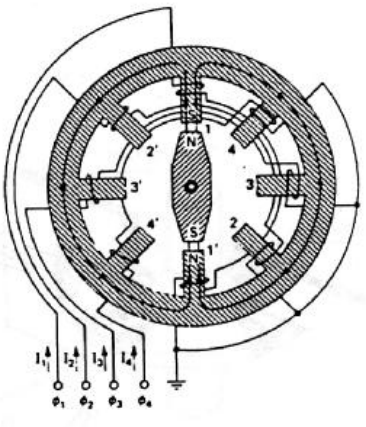
Disk şeklindeki rotorun ince oluşundan dolayı, bu disk üzerine 100'ün üzerinde sabit manyetik kutuplar yerleştirilir. Bu manyetik kutuplar sadece diskin kenarlarına yerleştirilse bile yeterli olacaktır (bk. Şekil 5.67).

Disk tipi sabit mıknatıslı adım motorun özelikleri şunlardır:

- Ağırlık olarak diğerlerine göre % 60 daha hafif ve boyut olarak yarı büyüklüğüne sahiptir.
- Disk, anti manyetik bir yere monte edilerek rotor olarak çalışması sağlanmıştır.
- Disk, Şekil 3.7'de görüldüğü gibi 'N', 'S' şeklinde birbirinin zıttı olarak mıknatıslandırılmıştır.

- **Dört Fazlı Sabit Mıknatıslı Adım Motor**

Şekil 5.68'de görülen sabit mıknatıslı adım motorun dört fazı ve her faza ait iki kutup bulunmaktadır. Motorun adım açısı 45 °dir.



Şekil 5.68: Dört fazlı sabit mıknatıslı adım motorun yapısı

b. Değişken Relüktanslı Adım Motorlar

Değişken relüktanslı (Relüktans, manyetik alanın içinde bulunduğu ortama karşı gösterdiği direncin ölçütüdür.) adım motorlarında da sabit mıknatıslı adım motorlarda olduğu gibi en az dört kutuplu stator bulunur. Sabit mıknatıslı adım motorlarından tek farkı ise rotorun, sabit mıknatıs yerine artık mıknatıslık özelliği göstermeyen olması ve dişler açılmış yumuşak demirden imal edilmesidir. Dişler, silindir eksenine paralel olarak açılmış oluklarla şekillendirilmiştir. Şekil 5.69'da üç fazlı değişken relüktanslı adım motorunun yapısı görülmektedir. Statordaki diş sayısının rotordaki diş sayısından fazla olduğu şekilden görülmektedir. Örnekteki statorda 12 diş (kutup) , rotorda ise 8 diş (kutup) bulunmaktadır. Stator kutupları arasındaki merkez açı 30º (360:12=30º) olduğu hâlde, rotor kutupları arasında merkez açı 45º (360:8=45) olmaktadır.

Şekil 5.69: Üç fazlı değişken relüktanslı adım motorunun yapısı

Değişken relüktanslı motorlarda rotor, hafif ve küçük boyutlu yapılır. Rotor ölçülerinin küçük olması, eylemsizlik momentinin de küçük olmasını sağlar. Bunun sonucu fazlara uygulanan gerilim meydana getireceği moment sebebiyle rotor çok hızlı hareket eder.

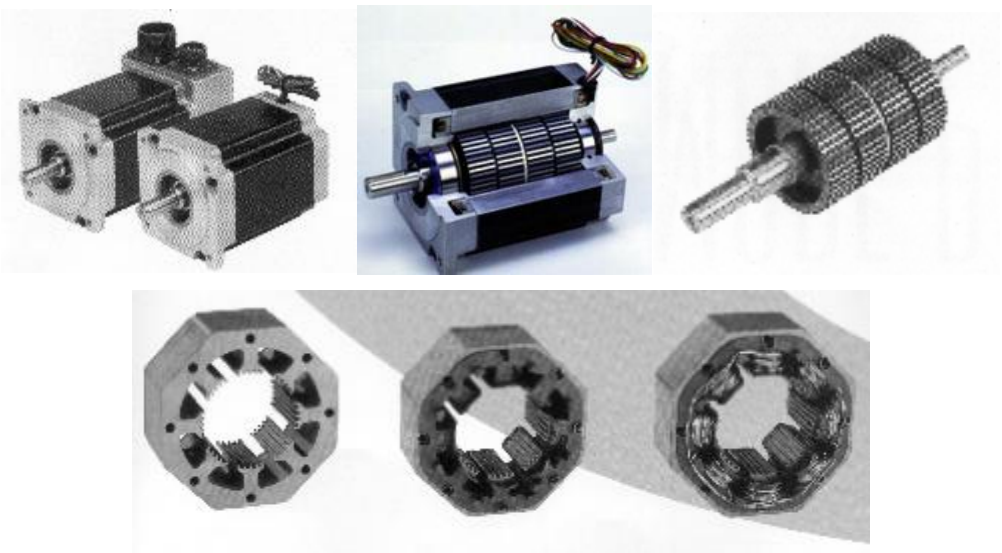
Değişken relüktanslı motorların harekete başlama, durma ve dönme adımları, sabit relüktanslı adım motorlarından daha hızlıdır.

c. Hybrid Adım Motorlar

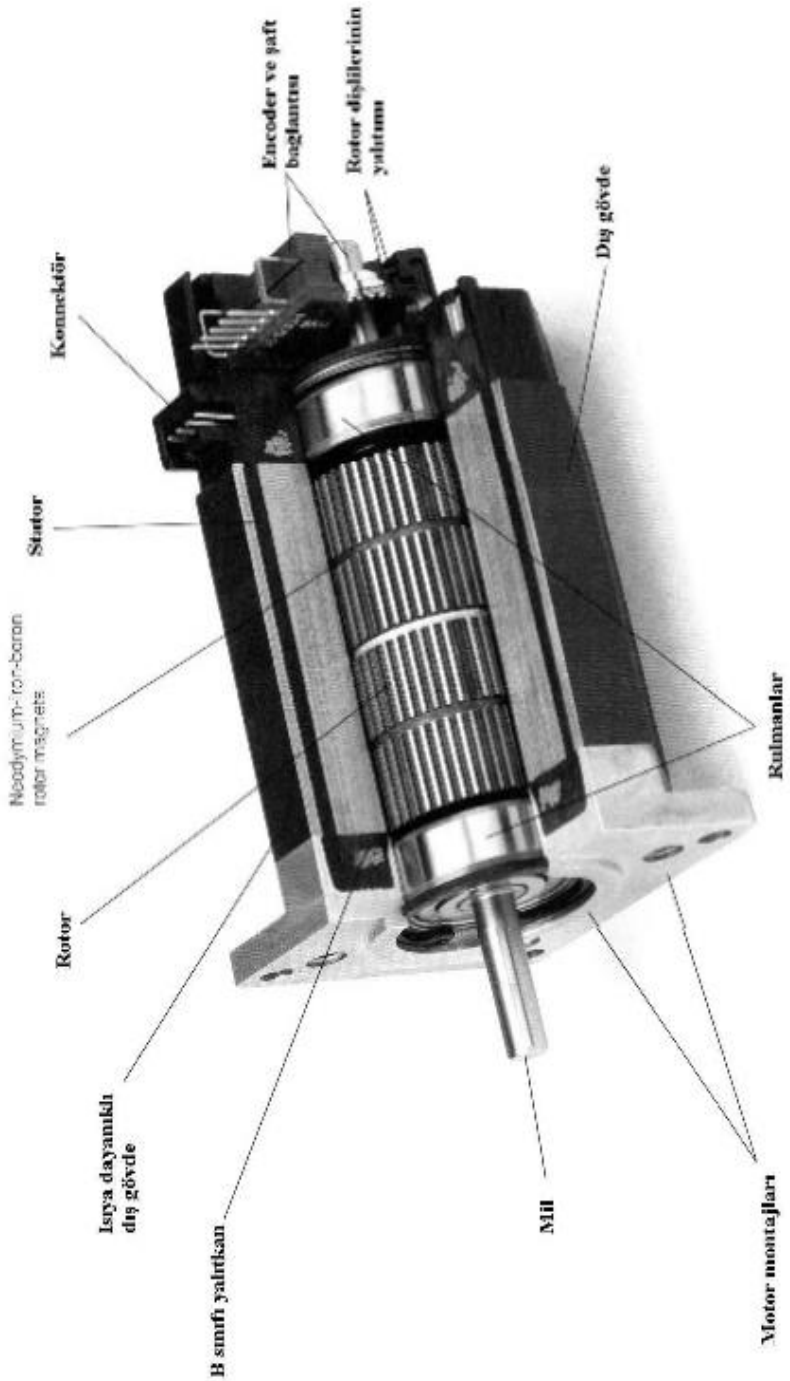
Hybrid adım motorlar, sabit mıknatıslı ve değişken relüktanslı adım motorların birleştirilerek geliştirilmiş şeklidir. Resim 5.70'te hybrid adım motoru ve parçaları görülmektedir.

Hybrid adım motorlarda rotor, sabit mıknatıslı olup çeşitli dişli(kesit) sayısında yapılmaktadır. Ayrıca her bir dişli(kesit) üzerinde de çeşitli sayıda dişler bulunmaktadır. Bu dişlilerin arası, diskler yardımıyla yalıtılmıştır.

Hybrid adım motorlarda stator, çok parçalı değişken relüktanslı tipindedir. Genel olarak stator kutbu 8 kadardır ve her bir kutup 2–8 arası diş sayısına sahiptir. Stator kutupları üzerine sargılar sarılmak suretiyle çeşitli kutup sayıları elde edilir.



Resim 5.70: Hybrid adım motor ve parçaları



Resim 5.71: Hybrid adım motorun yapısı

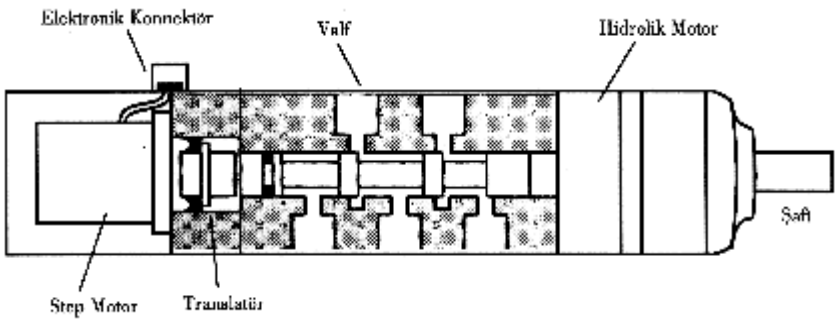
Adım motorlar senkron çalışan makineler (Rotor döner manyetik alanı izler.) olup her uyartımda bir manyetik hareket sağlanmaktadır. Söz konusu motorda, hareket uyartım kademesinden sonra ilk uyartım biçimine dönülerek sürdürülmektedir. Bilinen miktarda hareketin sürdürülmesi, bu andaki rotorun bir diş adımı kadar hareket etmesine bağlıdır.

d. Hidrolik Adım Motorlar

Bir hidrolik motora ait servo valfinin basınç giriş yolunu translatörlerle (dönebilir lineer çeviriciyle) kontrol eden adım motorlara **hidrolik adım motor** denir.

Kısaca hidrolik motorun basınçlı yağ yolunu denetlemek suretiyle şaftın hareketini ve yönünü tayin eden adım motorlara **hidrolik adım motor** denir.

Hidrolik adım motorlara **elektrohidrolik adım motorlar** da denilmektedir.



Şekil 5.72: Hidrolik adım motor

Şekil 5.73'te kesiti görülen hidrolik adım motor başlıca şu parçalardan oluşmaktadır:

- Adım motor,
- Hidrolik motor,
- Valf,
- Translatör,
- Elektronik konnektör.

e. Lineer Adım Motorlar

Mekanik hareketi dairesel bir hareket olmayıp da yatay eksen (x veya y eksenleri) üzerinde hareket eden motorlara **lineer motor** denir yani lineer motorlar, X ve Y yönlerinde veya X ve Y düzleminde herhangi bir vektör yönünde hareket eder.

Bu tip adım motorlara örnek olarak 1969 yılında Kaliforniya'da gerçekleştirilen sawyer adım motoru gösterilebilir. Resim 5.73'te lineer adım motoru görülmektedir.

Resim 5.73: Lineer adım motorlar ve sürücüleri

Bu motor, iki ana mekanik bileşenden oluşur. Birinci mekanik bileşen, gücü oluşturan hareketli armatürdür. Armatürün statora sabitlendiği (demir nüve) kısım, ikinci bileşendir (bk. Şekil 5.73). Armatür ve stator arasında sabit bir mil yatağı (hava aralığı) olup kapalı geometrik şekilde dönmeye izin verir. Yükü harekete geçirmek, demir nüve uzunluğuna bağlı olan güçle değişir. Bu değişim, bir yükü getiren motorun rotor hareketine benzemez. Ayrıca güç iletimi için mekanik avantajlara sahip değildir.

Lineer adım motorlar, direkt sürücülü motorlardır. Direkt sürücülü, kontrol rezolüsyonu ve yükü sürmek için uygulanan kuvvet motorun yeteneği olarak tanımlanır. Yani herhangi bir uygulama için gerekli dişli rezolüsyonu micro adım motor kontrolü için istenilen rezolüsyonda kullanılması daha iyidir. Ayrıca motor sürücü devresi için çizilen hız-kuvvet eğrisi, motorun işlem hızı üzerindeki gerekli kuvvetleri üretebilecek durumda olmalıdır.

Lineer adım motorların en büyük avantajları şunlardır:

- Yüksek güvenliği bulunmaktadır.
- Gerekli işlemleri yerine getirmek için az ve basit devre elemanlarından oluşur.
- Uzun mesafeler arasında yüksek hızla hareket ederken yüksek hassasiyete sahip olmalarıdır.
- Hava aralığı, hemen hemen manyetik alandan bağımsız olduğu için hiç bakım gerektirmez.

Bu tür motorların lineer sürücü katları fiyatı, sıkça bilinen de servo motor ve geri besleme katına göre daha yüksektir. Bu tür motorların fiyat dezavantajı yanında, gerekli elektronik sürücüler osilasyonu ve senkronize kayıtları azaltır. Ayrıca kuvvet azalması dâhil hız artışını sağlar. Lineer adım motoru, ticari endüstriyel robotlarda kullanılmaz. Bununla birlikte bunların maliyeti düşürülürse bu tür direkt sürücü motorlar, minimum eleman kullanarak güvenilir uygulama alanları bulunabilir.

5.1.4.3. Step Motorların Çalıştırılma Şekilleri ve Teknikleri

Adım motorlar, çalışmalarında olduğu gibi uyartımda da fazla esnekliğe sahiptirler. Bu esneklik, maksimum çıkış güç, maksimum etki, maksimum tepki ve minimum giriş gücünde olmaktadır.

a. Başla-Dur Adımlama Oranı

Motor sargılarının sadece birisinin uyarıldığı uyartım cinsine **tek-faz (single coil) uyartım** denir. Uyartım CW (saat yönü) için 1000,0100,0010,0001 şeklinde; CCW (saat yönünün tersi) için 0001,0010,0100,1000 şeklinde olmalıdır.

Adım	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

Tablo 5.2: Tek faz uyartım tablosu

b. Düzgün Hız

Motor sargılarının ikisinin sıra ile aynı anda uyartıldığı şekline denir. İki faz uyartımda rotorun geçici durum tepkisi tek-faz uyartıma göre daha hızlıdır. Ancak burada güç kaynağından çekilen güç, iki katına çıkmıştır.

Adım	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 4
1	1	0	0	1
2	1	1	0	0
3	0	1	1	0
4	0	0	1	1

Tablo 5.3: İki faz uyartım tablosu

c. Rampalama

Bu uyartım modunda tek faz ve iki faz art arda uygulanır. Burada rotor, her bir uyartım sinyali için yarım adımlık bir hareket yapmaktadır. Bu uyartım modu sayesinde örneğin fabrika çıkışı 2 derece olan bir motorun adım açısı 1 dereceye düşürülmüş olunur.

Adım	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

Tablo 5.4: Yarım adım uyartım tablosu

5.1.4.4. Adım (Step) Motorunun Adım Açısının Hesaplanması

Step motor, belirli adımlarla devrini tamamlar. 360^olik bir dönme için gerekli adım miktarı, statora sarılan sargıların faz sayısına ve rotorunun çıkıntılı kutup sayısına bağlıdır. Buna göre step motorun adım açısı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$Q_s = 360^o / N_s . Nr$

Formüldeki;

Q_s =Step motorun adım açısını,

N_s=Statordaki bobin grubu sayısını (step motor faz sayısı),

N_r=Rotorun çıkıntılı kutup sayısını (Hibrid motorlarda rotor parçalarının tamamı sayılır.) ifade etmektedir.

1. Örnek:

Birbirine seri bağlı dört faz bobininden oluşan dört fazlı step motorun rotorunda üç çıkıntılı kutup olduğuna göre bu motorun adım açısını hesaplayınız.

1. Çözüm:

Bu step motor 4 fazlı olduğuna göre (Ns=4), rotorunun kutup sayısı 3 olduğuna göre (Nr=3), Dolayısıyla bu motorun adım açısı:

$$Q_s = \frac{360^o}{N_s . Nr} = \frac{360^o}{4x3} = \frac{360^o}{12} = 30^o \text{ dir}$$

- **Mekanik yapıdaki farklılık**

İki fazlı motorlarda stator küçük dişlerden meydana gelen 8 manyetik kutuptan oluşur. 5 fazlı motorlarda ise stator, on manyetik kutuptan oluşur.

- **Faz sayısı ve adım açısı farklılığı**

İki fazlı motorlarda 2 adet (A,B) ayrı ayrı enerjilenebilen bobin grubu bulunurken 5 fazlı step motorlarda 5 adet (A, B, C, D, E) ayrı ayrı enerjilenebilen faz bobin grubu mevcuttur. Devir yönü, sargılara uygulanan akım yönüne bağlı olarak değişir.

İki fazlı motorlarda, adından da anlaşıldığı gibi faz sayısı 2'dir. Rotoru ise bir parçasında 50 diş olan iki parçalı (toplam 100 diş) endüviden oluşmaktadır. Dolayısıyla bir adım açısı:

$$Q_S = \frac{360°}{N_S . N_r} = \frac{360°}{2.100} = \frac{360°}{200} = 1{,}8° \; dir$$

Beş fazlı motorlarda ise faz sayısı 5'tir. Rotoru da iki fazlı motorlarda olduğu gibi bir parçasında 50 diş olan iki parçalı (toplam 100 diş) endüviden oluşmaktadır. Dolayısıyla bir adım açısı:

$$Q_S = \frac{360°}{N_S . N_r} = \frac{360°}{5.100} = \frac{360°}{500} = 0{,}72° \; dir$$

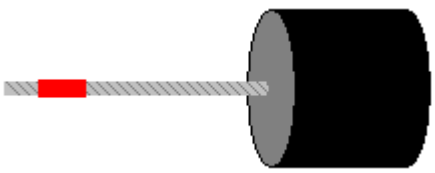
5.1.4.5. Step Motorda Kullanılan Aktarma Organları

Adım motorların mekanik aksamı, hareket yönlendiriciler, miller ve lineer rulmanlar (kızaklar), dairesel rulmanlar, kaplinler ve gövde aparatları gibi parçalardan oluşmaktadır.

Resim 5.74: Çeşitli step motor aktarma organları

a. Hareket Yönlendirici

Step motorun hareket aktarma organında en yaygın olarak vida somun metodu kullanılır. Motor miline bağlı vida dönerken somun da vida üzerinde ilerler ve bağlı bulunduğu mekanizmayı beraberinde sürükler. Uygulamada somun ile vida arasında boşluk olmamalıdır.



Resim 5.75: Hareket yönlendirici

Boşluk olduğu takdirde vida, boşluk mesafesi kapanana kadar boşta dönecek ve somun, ancak boşluk bitiminden itibaren ilerlemeye başlayacaktır. Bu olay devir yönünün her değişiminde ortaya çıkar ve bu olaya **backlash** denir. Makine tasarımlarında boşluğu çok küçük vidalar seçilmelidir. Step motor bakımı esnasında bu boşluklar kontrol edilir ve boşluksuz vidalar seçilir.

b. Acme Nut Tipi Vidalar

Step motorların döngü aktarma organı olarak kullanılır. Step motorlarda hareketi motor milinden tezgâha vb. kullanım alanına aktaran acme nut olarak adlandırılan vida somun ikilisi motor miline doğrudan bağlanır. Vida somun ikilisinden oluşan bu hareket aktarma mekanizmasında sürtünmeyi azaltmak için genellikle plastik ya da derlin gibi malzemelerden yapılır. Küçük cihazlarda bu vida türü tercih edilir. Boşluğu ayarlanabilir somunlar bu iş için idealdir.

Resim 5.76: Acme nut tipi vidalar

Step motorlar ile birlikte kullanılan vidalar asıl motor hareketlerinin yönlendirilmesinde kullanılmaktadır. Ancak bu vidaların boşluk ve doğrusallık problemi, bakım sırasında gözden kaçırılmamalıdır. Bilyeli vidalar, diğer vidalara kıyasla çok daha pahalıdır. Vida dişleri ile somun dişleri arasına hareket edebilen, minik bilyeler yerleştirilmiştir. Böyle bir yapı, rulmanlarda olduğu gibi çok düşük sürtünme sağlar; ayrıca boşlukları da çok küçüktür.

- Step motorlu tezgâhlarda daha çok rastlanan bu vidaların bağlı bulunduğu yataklarda sürtünme ve aşınmalar, oluşabilecek vida boşluklar ve yağlama sistemleri gözden geçirilerek kontrol edilir.
- Vida üzerinde Dişlerinde bozulma,Somunda genleşme kontrol edilir. Bozulan somunlar tespit edilerek yenisi ile değiştirilir.

c. Bilyeli Vidalar

Resim 5.78'de görülmekte olan bilyeli vidalar, diğer vidalara kıyasla çok daha pahalıdır. Vida dişleri ile somun dişleri arasına, hareket edebilen minik bilyeler yerleştirilmiştir. Böyle bir yapı, rulmanlarda olduğu gibi çok düşük sürtünme sağlar. Ayrıca boşlukları da çok küçüktür.

Resim 5.77: Bilyeli vida

d. Bilyeli Kızaklar

Mil ve rulmana alternatif bilyeli kızaklar resim 5.78'de görülmektedir. Hazır bilyeli kızaklar boşluksuzdur. Step motor ile hareket ettirilen doğrusal hareketli tezgâhlarda kullanılan hazır bilyeli kızaklar, fotokopi makinelerinde, yazıcılarda ve çizicilerde kullanılmaktadır.

Resim 5.78: Bilyeli kızak

e. Kaplinler

Resim 5.79'da görülmekte olan ve motor mili ile vidanın bağlantısını sağlayan kaplinler, mil eksenleri arasındaki küçük kaçıklıkların neden olacağı zorlamaları ortadan kaldırır.

Resim 5.79: Kaplin

f. Dairesel Rulmanlar

Bir ucu motora kaplin ile bağlı vidanın boşta kalan ucunun yataklanması için dairesel rulman kullanılmaktadır. Yerine monte edilmiş vida, el ile döndürülürken herhangi bir zorlukla karşılaşılmamalıdır. Herhangi bir zorlama söz konusu ise motor ekseni ile vidaya bağlı rulmanın ekseni arasında eksenel kaçıklık var demektir.

Resim 5.80: Dairesel rulmanlar

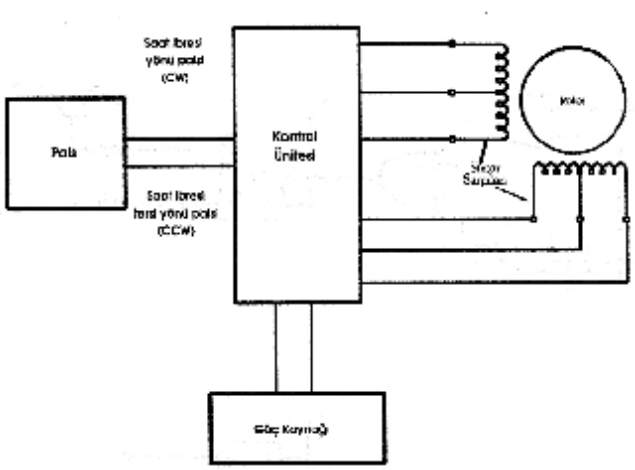
g. Gövde

Titreşim etkisini azaltmak için döküm demirden yapılmaktadır. Bunun yanında gerek işleme kolaylığı, gerekse maliyet açısından alüminyum kullanılmaktadır. Makine gövdesini projelendirdikten sonra sanayide CNC makinelerle istenen toleranslar da kolayca yapılmaktadır.

5.1.4.6. Step Motor Sürücü Devreleri Yapısı ve Çalışması

Adım motorları, istenilen yönde ve hızda çalıştırmak istendiğinde sargılarına belli bir sırada palsler uygulanmalıdır. Adım motorun kaç adım atacağı, uygulanan palslere bağlıdır. Fazlara uygulanacak palsler (gerilimler), basit olarak bir anahtarlama sistemi ile yapılabilir. Bu işlemi yapan devrelere **sürücü devresi** veya **kontrolör** denir. Günümüzde elektronik devreler ile bu işlem çok kolay bir şekilde yapılmaktadır. Adım motorların ve kullanılacak yerin özelliğine göre hazırlanmış mikroişlemci kontrollü sürücü kartları mevcuttur. Bu kartlar sayesinde adım motorların istenilen hızda ve istenilen hassasiyette çalıştırılması mümkündür.

Bir adım motor sürücü devresinin blok diyagramı, şekil 5.81'de verilmiştir:



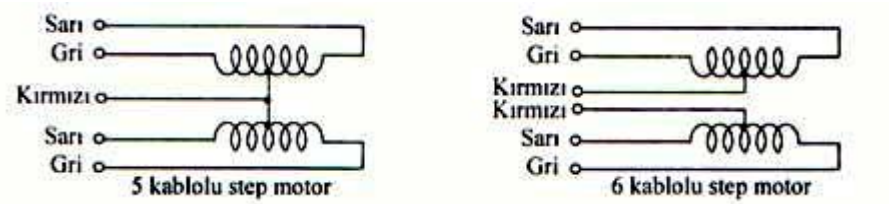
Şekil 5.81: Adım motor sürücü devresinin blok diyagramı

Adım motorların sürülebilmesi için iki temel noktaya dikkat etmek gerekmektedir: Bunlardan birincisi, motorun bağlanacağı sürücü devresinin olmasıdır. İkincisi ise bu sürücü devresi yardımıyla motorun doğru sargılarına gerekli tetiklemeleri gönderebilmektir.

Sürücü devresini hazır alınabileceği gibi amatör uygulamalar için devreyi de kişi kendi yapılabilir. Sürücüyü tetiklemek için elektromekanik anahtarlar kullanılabileceği gibi bilgisayarın seri veya paralel portu uygun bir yazılımla kullanılabilir. Ayrıca günümüzde sanayide kullanılan adım motorlar için mikroişlemci kontrollü sürücüler ve bu işler için özel olarak tasarlanmış PLC'leri de bulunmaktadır.

a. Step Motor Bobin Uçlarının Bulunması

İki fazlı step motorlar, 4, 5, 6 veya 8 uçlu olarak imal edilebilir. a ise iki kablo ortak uçtur ve bu uçlar kaynağın pozitif(+) kutbuna bağlanır. Kaynağın pozitif (+) kutbuna bağlanacak ortak uçları, ölçü aletinin ohm kademesini kullanarak bulmak mümkündür. Ölçü aleti, ohm kademesinde iken step motorun bobin uçlarına bağlı kablolar arasındaki direnç ölçülür. Step motorlar ister 5, ister 6 kablolu olsun tüm uçlar arasında eşit dirence sahip olan uç ortak uçtur. 6 kablolu step motorlarda kablolar üçerli olarak iki grup hâlindedir. Her gruptaki bir kablo ortak ucu temsil eder. Ölçüm yapılırken her iki grup kendi aralarında ölçülerek ortak uç tespit edilir. Bu işlem için ölçü aleti, ohm kademesinde iken ilk guruba ait üç kablo ayrı ayrı kendi aralarında ölçülür. Tüm uçlar arasında eşit direnç gösteren uç, ortak uçtur. Aynı işlem ikinci grup içinde tekrarlanır. Ölçüm sonucunda her iki ortak uca göre iki grupta da eşit direnç değerleri elde edilir. Bu dirençlerin değerleri, her step motor için farklı olabilir. Step motorlara ait bobin kabloları farklı renklerle temsil edilir. Bu renkler, 6 kablolu step motorlarda genellikle her grup için aynı şekilde tekrarlanır.



Şekil 5.82: İki fazlı beş ve altı kablolu step motor

Bir devre üzerinde step motoru düzgün çalıştırmak için kabloları doğru sıralamada bağlamak gerekir. Ortak uç dışında kullanılan diğer dört ucun kendi arasında bir sırası vardır. Kablo sıralaması, bobin uçlarına enerji uygulanarak deneme yanılma şeklinde tespit edilebilir. Kablo bağlantısı yanlış yapılırsa step motorda bir titreme oluşur ve motor dönmez. Motora adım attırmak için ortak uca motorun cinsine göre pozitif (+) 5V ile 12V arası sabit gerilim uygulanır. Diğer dört uca ise belirli sırada şase (-) uygulanır. Şase potansiyeli bobin uçlarına uygun sıralamada uygulanırsa step motorda dönme hareketi başlar. Bobin uçlarının uygun sıralaması aşağıdaki gibi tespit edilir:

- Ortak uçlara ait kablolar, kaynağın pozitif (+) kutbuna bağlanır.
- Step motorun diğer herhangi bir ucu seçilerek şase uygulanır. Örneğin 1 numaralı bobin ucuna şase uygulanarak sabit bırakılır.
- Başka bir bobin ucu seçilerek şase potansiyeli uygulanır. Step motor saat yönünde bir adım atıyor ise bu 2 numaralı kablodur.
- Motor saat yönünün tersinde bir adım atıyorsa bu, 4 numaralı kablodur.
- Motor hiç hareket etmiyor ise bu 3 numaralı kablodur.
- Sonuç olarak step motoru saat yönünde döndürmek için ortak uca pozitif (+); 1, 2, 3 ve 4 numaralı kabloların bağlı olduğu bobinlere sırasıyla şase (-) potansiyeli uygulanmalıdır. Step motoru saat yönünün tersine hareket ettirmek için ise bobinlere 4, 3, 2 ve 1 sıralamasında enerji uygulanmalıdır.

5.1.4.7. Step Motor Mekanik Bakımı

a. Mekanik Bakım

Step motorların mekanik bakımında aşağıdaki işlemler yapılır:

- **Gözlemleme ve Ölçme**
  - Motor merkezleme ve adım açısında değişiklik olması
  - İstenilen adım ölçülerinde hareket elde edilememesi
  - Sesli çalışmanın olması(çınlama)
  - Milde zorlanmanın hissedilmesi
  - Aktarma organlarında (bilhassa triger lastiği var ise) gerilme ve sıkışmanın oluşması
  - Sürücülerden gelen palsler ile motor milindeki hareketlenmenin (adım atma zamanında) uyumsuz olması
  - Uyku modu denilen sürücü palslerine duyarsız , yani sürücü sinyali verildiği hâlde hareketlenmenin olmaması
  - Hareket (adım) sırasının bozulması (Çalışma sırasındaki değişiklikler tespit edilerek muayene tutanağına kaydedilir.)

- **Periyodik Bakım**

Üç aylık, altı aylık veya yıllık periyodik bakımlardır. Bu periyodik bakımlarda:

- Rulmanlarda ve mildeki sürtünmeler boşluklar kontrol edilir. Boşluk var ise aşınma olacağından rulman değiştirilir.
- Rulmanlar, yıllık periyodik bakımlarda sökülür.
  Rulmanlarda sürtünme kontrol edilir. Zorlanma ve çalışma esnasında ses değişikliği (çınlama vb.) tespit edilerek giderilir. Rulmanlar sökülecek ise tüm bağlantı uçları ve aktarma organlarından ayrılır. Gövde kapak vidaları sökülür. Yataklarda bulunan rulmanlar çektirme yardımıyla alınarak kontrol edilir, temizlenir, yağlanır ve yerine takılır. Sökümde işlem basamakları tekrar edilir.

Çınlama var ise bu olay step motorun miline bağlı yükün ataleti, rotorun ataletinden yaklaşık 10 kat daha büyük ise görülür. Bu olaya çınlama (ringing) denir. Motorun karşılayabildiği tork küçük, yük torkunun büyük olması durumunda ıslık sesine benzer tiz bir ses duyulur. Bu çınlama motor adımlarının bozulmasına neden olur. Yük azaltılarak veya mildeki aktarma organındaki sıkışmalar giderilir.

- -Çınlamayı azaltmak için sistemdeki sürtünmenin giderilmesinin yanında motorun hızlanma ve yavaşlama oranlarının azaltılması gerekir. Bununla birlikte start-stop hızları kullanılıyorsa onların azaltılması çınlamayı önleyecektir.

b. Motor Adım Kontrolü veya Pozisyon Kontrolü

Step motorların çalışma esnasında pozisyon hatası yapması veya adım kaçırması durumunda, her dört adımda bir önceki durumuna göre sıfırlanarak kontrol edilmesi gerekir. Bu kontrole **motor pozisyonundaki mutlak doğruluk** denir.

Tekrar edebilme özelliği, step motorun bir önceki pozisyona kesin olarak dönebilme özelliğini belirtir. Step motorun karşılaşabileceği herhangi bir hatanın step motorun içinde bulunduğu pozisyona ya da karşılaştığı daha önceki bir hataya etkisi yoktur. Bu durum, step motorlarda tekrar edebilme özelliğinin mutlak doğruluk özelliğine üstünlüğünü gösterir.

Rezonans gözleniyorsa yok edilmelidir. Bu durum, genellikle step motorda tam adım modunda çalışırken ortaya çıkar. Bu durumu engellemek için:

- Sisteme atalet eklemek suretiyle rezonans frekansını düşürmek
- Ayrıca sürtünmeyi artırmak
- Start/stop hızlarını rezonans noktasının üzerinde bir noktaya ayarlamak
- Öncelikle yarım adım moduna ya da daha düşük adım modlarına geçmek gerekir (mini stepping veya mikro stepping gibi).

c. Step Motorların Test Edilmesi

Step motorlarını doğru bir şekilde ivmelendirmek için aşağı yukarı kendi ataletine ihtiyaç vardır. Bu yüzden step motorlar test edilirken motor durdurulur. Step motorda üretilen rezonansın motora en kötü etkiyi yaptığı durum, step motorun yüksüz durumudur.

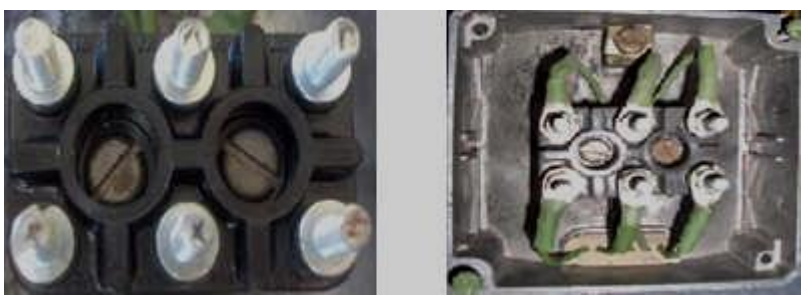
5.2. Bağlantı ve Klemenslerin Tanıtılması

Elektrik makinelerinde, makinenin elektrik uçlarıyla şebekeyi birbirine bağlayan klemensleri; cam elyaf gövde üzerine pirinç vida ve somunlu yapıldığı gibi belli bir boyuta kadar bakalit gövde üzerine demir vida ve somunlu olarak da yapılmaktadır. Değişik ölçü ve özelliklerde yapılan klemensler de vardır.

Resim 5.83: Çeşitli tip ve ölçülerdeki motor klemensleri

5.2.1. Motor Klemens Bağlantıları

Motorun çeşidi ne olursa olsun tüm elektriksel bağlantıları klemens kutusunda yapılır. Motor çeşidine göre klemens kutusunun yapısı ve uç sayıları değişebilir. Genellikle klemens bağlantılarında metal pirinç parçalar kullanılır. Klemens bağlantıları yapılırken vidaların çok iyi sıkılması, gevşememesi için de rondela-yaylı pul kullanılması gerekir. Ayrıca vidalarının gevşek bırakılmamasına dikkat edilmelidir. Klemense bağlanacak kablo uçlarına uygun şekil ve ölçüde kablo pabuçları takılmalıdır. Motor klemens bağlantıları yapılırken motorun özelliğine, çalışma şartlarını belirten etiket değerlerine ve şemalarına uygun bağlanmalıdır. Aksi hâlde motor zarar görebilir.

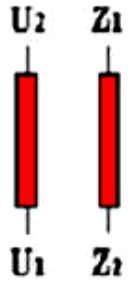


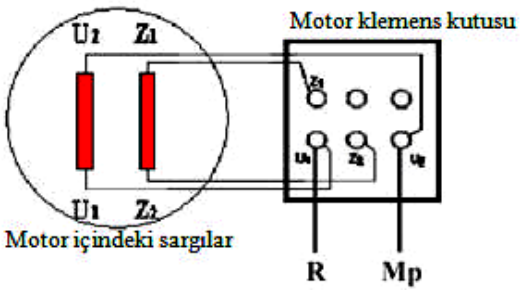
Resim 5.84: Motor klemensleri

5.2.1.1. Bir Fazlı Yardımcı Sargılı Asenkron Motorlar

Bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorların statoruna ana sargı ve yardımcı sargı olmak üzere iki adet sargı sarılır. Bu sargıların giriş ve çıkış uçlarından dolayı stator sargılarının dört ucu vardır. Bu uçlar, motor üzerindeki klemens kutusuna getirilmiştir. Motor, şebekeye klemens kutusundan yardımcı (santrifüj anahtarı, daimi veya kalkış kondansatörleri gibi) elemanlarla değişik şekillerde bağlanabilir.

Sargıların uç bağlantısında
Ana sargı giriş ucu: U_1, çıkış ucu: U_2
Yardımcı sargı giriş ucu: Z_1, çıkış ucu: Z_2 harfleriyle belirtilir.

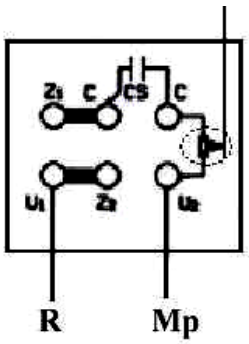


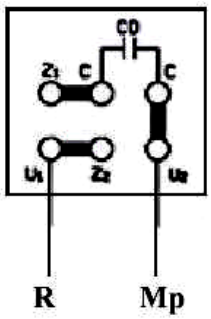


Şekil 5.85: Motorun sargıları

Şekil 5.86: motor sargı uçlarının klemens kutusuna bağlanışı

Santrifüj (merkez kaç) anahtarı



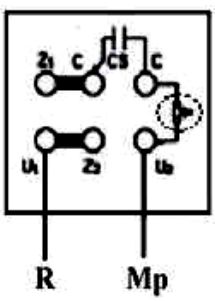


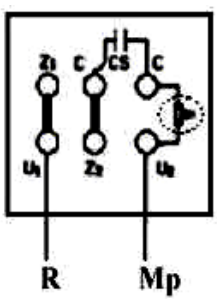
Şekil 5.87: Kalkış kondansatörlü, santrifüj anahtarlı

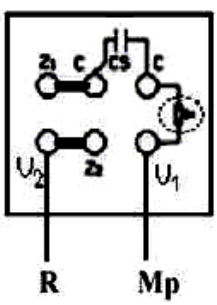
Şekil 5.88: Sürekli çalışma kondansatörlü

- **Bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorların devir yönü değişimi**

Bir fazlı asenkron motorun devir (dönüş) yönü, ana sargı ve yardımcı sargının uçlarından sadece bir sargının uçları değiştiğinde değişir. Çünkü sargıdan geçen akımın yönü değişeceğinden dolayı buna bağlı olarak manyetik alanında yönü değişeceğinden motorun dönüş yönü değişir. Eğer aynı anda her iki sargının uçları değiştirilirse motorun dönüş yönü değişmez.







Şekil 5.89: Normal bağlantı

Şekil 5.90: Yardımcı sargının uçlarının sargının değiştirilmesi

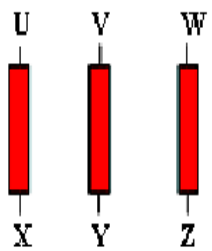
Şekil 5.91: Ana uçlarının değiştirilmesi

5.2.1.2. Üç Fazlı Asenkron Motorlar

Üç fazlı asenkron motorların statoruna, her faza bir sargı olmak üzere üç adet sargı yerleştirilir. Her bobinin giriş ve çıkış uçlarından dolayı stator sargılarının altı ucu vardır. Bu uçlar motor üzerindeki klemens kutusuna çıkartılmıştır. Motor, şebekeye klemens kutusundan yıldız veya üçgen olarak bağlanabilir. Motor şebekeye bağlanacağı zaman etiket değerleri incelendikten sonra klemens bağlantısı yapılmalıdır.

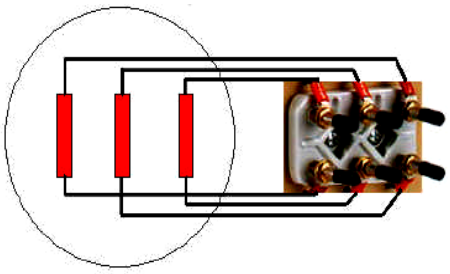
Sargıların uç bağlantısında
Birinci faz sargısı giriş ucu: U, çıkış ucu: X
İkinci faz sargısı giriş ucu: V, çıkış ucu: Y
Üçüncü faz sargısı giriş ucu: W, çıkış ucu: Z harfleriyle belirtilir.

Motor içindeki sargılar



Şekil 5.92: Motor içindeki üç faz sargısı

Motor klemens kutusu

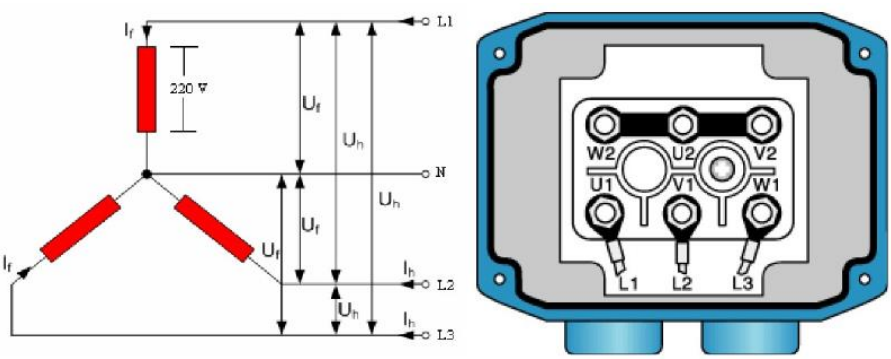


Şekil 5.93: Motor sargı uçlarının klemens kutusunun bağlantısı

- Klemens kutusunun yıldız bağlanması

Üç fazlı asenkron motorun giriş uçları olan U, V, W uçlarına R, S, T fazları bağlanır. Çıkış uçları olan Z, X, Y uçları ise kendi aralarında köprüleme elemanıyla birleştirilir. Bu şekildeki bağlantıya yıldız bağlantı denir.

Giriş uçları: U-V-W Çıkış uçları: X-Y-Z

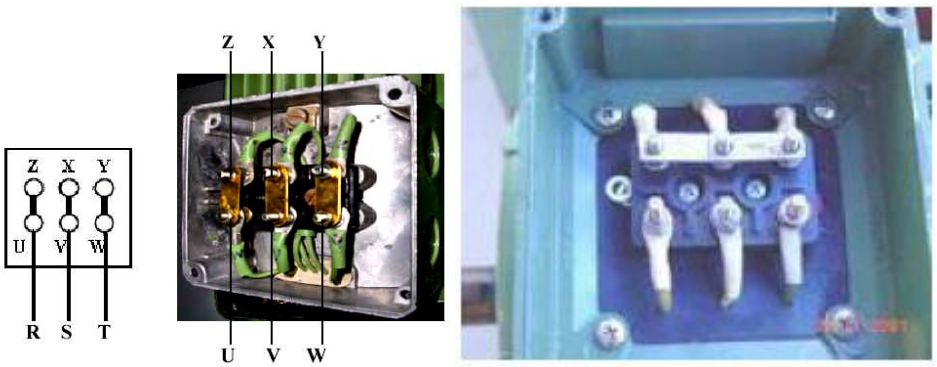


Şekil 5.94: Üç fazlı asenkron motorun klemens kutusunun yıldız bağlantısı

➢ **Klemens kutusunun üçgen bağlanması**

Üç fazlı asenkron motorun klemens kutusundaki U giriş ucu ile Z çıkış ucu, V giriş ucu ile X çıkış ucu ve W giriş ucu ile Y çıkış ucu köprüleme elemanıyla birleştirildikten (kısa devre) sonra giriş uçları olan U, V, W uçlarına R, S, T uçları bağlanır. Bu şekildeki bağlantıya **üçgen bağlama** denir.

Giriş uçları: U-V-W Çıkış uçları: X-Y-Z

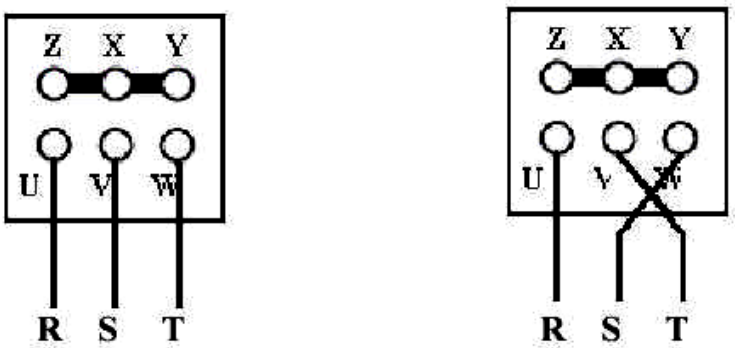


Şekil 5.95: Üç fazlı asenkron motorun klemens kutusunun üçgen bağlantısı

➢ **Üç Fazlı Asenkron Motorlarda Devir (Dönüş) Yönünün Değiştirilmesi**

Üç fazlı asenkron motorların devir yönünün değiştirilmesi için R,S,T fazlarının herhangi ikisinin klemens bağlantı uçları yer değiştirilirse motorun dönüş yönü değişir. Üç fazın klemens bağlantı uçları yer değiştirilirse motorun dönüş yönü değişmez.

Örnek, klemensi yıldız bağlı üç fazlı asenkron motorun devir yönün değişikliğini gösteren şekiller aşağıda görülmektedir.



Şekil 5.96: Normal bağlantı **Şekil 5.97: İki fazın yer değiştirmesi (devir yönü değişikliği)**

5.3. Motorlarda Sigorta Seçimi

Aşırı yüklenmelere ve kısa devrelere karşı alıcıları koruyan elemanlara **sigorta** denir. Sigortalar devreye seri bağlanarak herhangi bir arıza durumunda devreyi açarak hattı ve alıcıyı korur.

Otomat olarak L ve G tipi sigortalar bulunur. L tipi sigortalar anında devreyi açar aydınlatma, motor kumanda devresinde, priz tesisatlarında kullanılır.

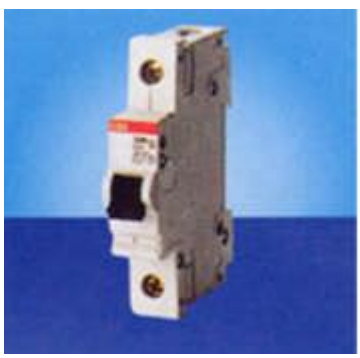
Motor güç devrelerinde G tipi sigortalar kullanılmalıdır; çünkü bu sigortalar gecikmeli olarak devreyi açar. Normal akımın 8-10 katı kadar büyük değer de devreyi açar. Bu sigortalar akım değerine göre 0.5-1-1,6-2,4-6-10-16-20-25-32-45-50 A olarak üretilir.

Üç fazlı motorlarda motorun iki faza kalmaması için otomatik sigortalar birbirlerine mekaniksel olarak bağlanmışlardır. Dolayısıyla fazlarından birin de gelen arza sonucu sigortaların üçünün de atması sağlanır. Bu tür otomatik sigortalara **K-otomat** denir.

Motora (alıcıya) en yakın olan sigortanın değeri, linye ve kolon sigortasından küçük olmalıdır. Bu sayede herhangi bir arza sonucunda ilk önce alıcıya yakın olan sigorta devreyi açarak diğer kısımların enerjisiz kalması önlenmiş olur.

Motor devrelerinde sigorta seçilirken motor anma akımının (etiket değeri) üzerindeki ilk standart sigorta değeri seçilir.

Motora yıldız-üçgen yol verildiğinde, doğrudan yol vermeye göre şebekeden çekeceği akım 1/ 3 oranında azalır. Bu da yaklaşık olarak motor etiket değerinin iki katı olur. Bundan dolayı sigorta akım değeri motor etiket değerinin iki katı seçilebilir. Aşağıdaki tabloda etiket akım değerlerine göre motorlara, doğrudan ve yıldız-üçgen yol verme sigorta değerleri ile motorların bağlantısında kullanılacak iletkenlerin kesitleri görülmektedir.



Resim 5.98: L tipi sigorta (tek kutuplu)

Resim 5.99: K- otomatlar

ÜÇ FAZLI MOTORLARDA ANMA AKIMINA GÖRE KABLO ve SİGORTA SEÇİMİ

Motor anma gücü			%	220 V			380 V			500 V			İrtibat kablosu NYY
				Motor Anma Akımı	Sigortalar		Motor Anma Akımı	Sigortalar		Motor Anma Akımı	Sigortalar		
					Direkt	Y/Δ		Direkt	Y/Δ		Direkt	Y/Δ	
kW	Ps	Cos φ	Verim	A	A	A	A	A	A	A	A	A	mm²
0,25	0,34	0,70	62	1,4	4	2	0,8	2	2	0,6	2	2	4x2,5
0,37	0,5	0,72	64	2,1	4	2	1,6	4	2	0,9	2	2	4x2,5
0,55	0,75	0,75	69	2,7	4	4	1,6	4	2	1,2	4	4	4x2,5
0,75	1	0,80	74	3,4	6	4	2	4	4	1,5	4	4	4x2,5
1,1	1,5	0,80	77	4,4	6	6	2,6	4	4	2	4	4	4x2,5
1,5	2	0,83	78	6	16	10	3,5	6	4	2,6	4	4	4x2,5
2,2	3	0,84	81	8,7	20	16	5	10	6	3,7	10	6	4x2,5
3	4	0,84	81	11,5	20	16	6,6	16	10	5	10	10	4x2,5
4	5,4	0,84	82	14,7	25	20	8,5	20	16	6,4	16	10	4x2,5
5,5	7,5	0,85	83	19,8	35	25	11,5	25	20	8,5	20	16	4x2,5
7,5	10	0,86	85	26,5	50	35	15,5	35	25	11,5	25	20	4x4
11	15	0,86	87	39	63	50	22,5	35	35	17	35	25	4x6
15	20	0,86	87	52	80	63	30	50	35	22,5	35	35	4x10
18,5	25	0,86	88	62	100	80	36	63	50	27	50	35	4x16
22	30	0,87	89	74	100	80	43	63	50	32	63	50	4x16
30	40	0,87	90	98	125	100	57	80	63	43	63	50	3x25+16
37	50	0,87	90	124	200	160	72	100	80	54	80	63	3x35+16
45	61	0,88	91	147	225	200	85	125	100	64	100	80	3x50+25
55	75	0,88	91	180	250	225	104	160	125	78	125	100	3x70+35
75	100	0,88	91	246	350	250	142	200	160	108	160	125	3x135+50
90	123	0,88	92	-	-	-	169	225	200	127	200	160	-
110	150	0,88	92	-	-	-	204	250	225	154	225	200	-
132	180	0,88	92	-	-	-	243	300	250	182	250	225	-

Tablo 5.4: 3 Fazlı motorlarda anma akımına göre sigorta ile kablo seçim tablosu

5.4. Motorlarda Rulman Sökülmesi ve Takılması

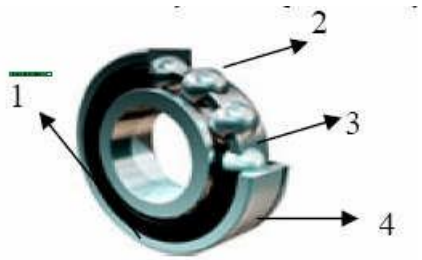
5.4.1. Rulmanlı Yataklar

5.4.1.1. Tanımı

Milin dönmesini kolaylaştırmak için değişik biçimlerde yuvarlanan parçaları bulunan yataklara “rulmanlı yataklar” denir.

5.4.1.2. Yapısı

Rulmanlı yataklar genellikle şu ana kısımlardan oluşur:



Şekil 5.100: Yataklı rulmanın yapısı

a. İç Bilezik

İç bilezik çelikten yapılır, sertleştirilir ve taşlanır. Bileziğin mil ile beraber dönebilmesi için mile sıkıca geçirilir.

b. Yuvarlanan Parçalar (Bilye)

Yatak içindeki sürtünme direncini azaltmak amacıyla kullanılan iç bilezik ile dış bilezik arasındaki parçalardır. Yüksek kaliteli çelikten yapılan bu parçalara "rulman" denilir.

Rulmanlar, mil dönerken kendi ekseninde döner ve iç bileziğin çevresinde yuvarlanma hareketi yapar. Rulmanlar çeşitli biçimdedir ve yatağın adlandırılması, bunların biçimine göre olur.

Günümüzde teknolojisinde hibrid rulmanlar kullanılmaktadır. Hibrid rulmanlarda yuvarlanan parça seramik, bilezikler ise çeliktir. Hibrid rulmanlar yüksek sıcaklıkta ve yüksek hızlarda başarılı olarak görev yapar. Bu rulmanlar, günümüzde özellikle başta havacılık ve uzay endüstrisi (gaz türbinleri) olmak üzere elektrik motorları, dişli kutuları, pompalar, takım tezgâhları ve kompresörler gibi çeşitli sistemlerde kullanılmaktadır. Hibrid rulmanlar, yüksek sıcaklıkta ve yüksek hızlı sistemlerde düşük titreşimle üstün bir performans sergilemektedir. Hibrid rulmanların ömürleri daha uzundur. Bu gibi özelliklerden dolayı seramik esaslı rulmanların kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

c. Kafes

Rulmanlı yataklarda kafes, rulmanlara kılavuzluk yaptığı için kılavuz bileziği de denir. Kafes kullanılmazsa rulmanlar birbirine değer. Mil dönme hareketi yapınca da rulmanlar kısa zamanda birbirlerini aşındırır. Kafes, rulmanları eşit mesafede tutarak birbirini aşındırmasını önler. Aynı zamanda rulmanların eşit değerde yüklenmesini sağlar. Bu nedenlerden dolayı kafes önemli görevler yüklenmiştir.

Kafes, sürekli rulmanlarla sürtüneceğinden aşınmanın rulman yerine kafeste olması için yumuşak gereçlerden (yumuşak çelik, pirinç, bronz, cam elyaf takviyeli polyamid vb.) yapılır. Hatasız montajlarda kafese fazla yük gelmez ve kafes olarak çelik sac yeterli olur.

d. Dış Bilezik

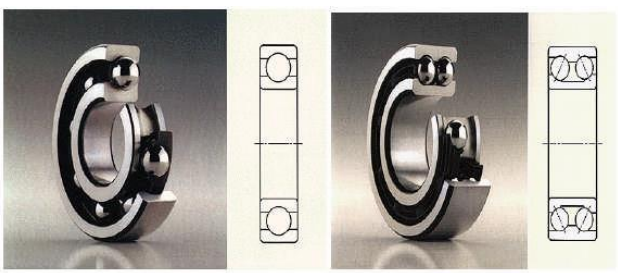
Dış bilezik çelikten yapılır, sertleştirilerek taşlanır. Dış bileziğin yatak kutusuna, makine gövdesine sıkıca geçmesi veya özel bir konstrüksiyonla alından sıktırılarak dönmesi önlenir.

5.4.1.3. Rulman Çeşitleri

a. Bilyeli Rulmanlar

Yüklerin hafif hızların yüksek olduğu yerlerde kullanılırlar. Çeşitleri şunlardır:

- Sabit bilyeli rulmanlar
- Eğik bilyeli rulmanlar
- Oynak bilyeli rulmanlar

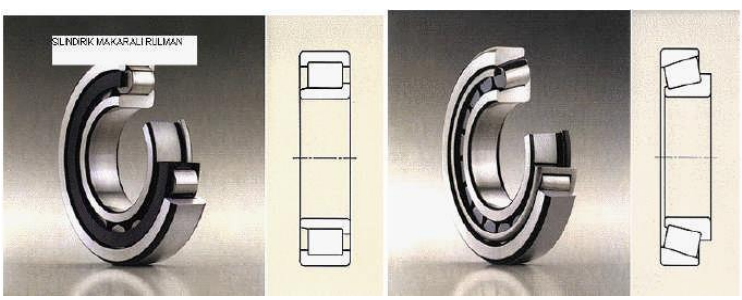


Resim 5.101: Bilyeli rulmanlar

b. Makaralı Rulmanlar

Ağır yüklerde ve orta derecedeki hızlarda kullanılır.

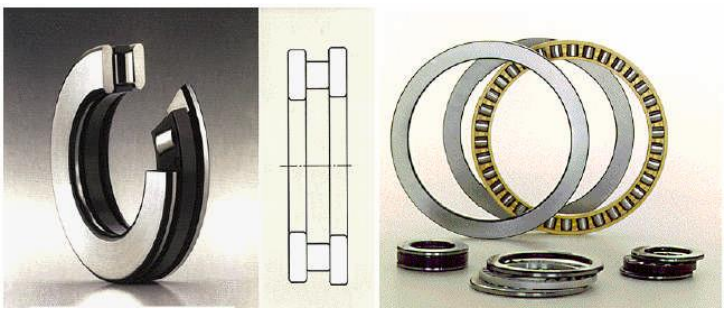
- Silindirik makaralı
- Konik makaralı
- Makaralı oynak rulmanlar
- İğneli makaralı rulmanlar



Resim 5.102: Makaralı rulmanlar

c. Eksensel Rulmanlı Yataklar

- Tek yönlü bilyeli eksensel rulmanlar
- İki yönlü bilyeli eksensel rulmanlar
- Makaralı oynak eksensel rulmanlar
- Diğer tip eksensel rulmanlar



Şekil 5.103: Eksensel rulmanlar

5.4.1.4. Sökme Yöntemleri

Arızalı bir motor sökületeceği zaman şu işlem sırasına uyulmalıdır:

- Motorun etiket değerleri aşağıdaki gibi bir tabloya kaydedilir. Tablo 5.4'te gösterilmiştir.
- Motorun kapakları ile stator gövdesine, bir tarafına birer nokta diğer tarafına ikişer nokta vurulur (Resim 5.105.a).
- Motor pervanesinin segmanı, segman pensi ile çıkarılır (Resim 5.105.b).

MÜŞTERİNİN		MAKİNENİN	
Adı-soyadı		Marka	
Adresi		Model-tip	
Telefon nu		Seri nu	
İşin alınış tarihi		Akım	
İşin teslim tarihi		Dönüş yönü	
Vergi dairesi		Kutup sayısı	
Vergi nu		Bağlantı şekli Yıldız-Üçgen	
		Dişli veya kasnağın bağlandığı yön	
		Rulman seri nu	
		Kasnak nu	
		Dişli nu	

Tablo 5.4: Motorun etiket değerleri kayıt tablosu

Resim 5.104: a) Motor ve kapaklarının işaretlenmesi b) Segmanın sökülmesi

- Kasnak veya dişlinin yeri belirlenir. Daha sonra kasnak (veya dişli) ve pervane, çektirme ile çıkarılır (Resim 5.105).

Resim 5.105: Dişlinin çektirme ile sökülmesi

- Uygun anahtarla motorun kapaklarının cıvataları sökülür (bk. Resim 5.106.a).
- Plastik tokmak veya tahta takoz aracılığı ile kapaklara çekiçle vurularak sökülür (bk. Resim 5.106.b).

Resim 5.106: a-) Motor kapak cıvatalarının sökülmesi b-) Kapaklarının sökülmesi

- Rotor, motor içerisinden çıkarılır. Böylece motorun tüm parçaları çıkarılır (bk. Resim 5.107).
- Sökülen parçalar, bir kutu içerisinde toplanarak kaybolması önlenmiş olur.

Resim 5.107: Motorun parçaları çıkarılmış hâli

a. Soğuk Sökme Yöntemi

- Önce sıkılığı daha az olan bilezik sökülür. Daha sonra diğer bilezik sökülür.
- İki bilezik sıkı ise her iki bileziği destekleyecek şekilde destek plakası yerleştirilir ve tam mil merkezinden dikey kuvvet uygulayarak rulman sökülür.
- Çektirme ile sökme, rulman ölçüsüne uygun çektirme seçilir. Çektirmenin kolları rulmanı kavrayacak şekilde, mili motorun milinin havşa deliğine gelecek şekilde bağlanır. Çektirme cıvatası anahtarla döndürülmek suretiyle rulman yerinden sökülür (bk. Resim 5.108).

Resim 5.108: Çektirmenin yerleştirilmesi

b. Isıtarak Sökme Yöntemi

Silindirik makaralı rulmanlarda kullanılır. Silindirik makaralı rulmanın faturalı iç bileziği, mil daha genleşmeye fırsat bulmadan çok çabuk ısıtılarak sökülür. İndüksiyon makinesi ile sökülecek bilezik çevresine yerleştirilen sargı tarafından manyetik alan etkisinde girdap akımlarıyla mil daha ısınmadan bilezikler ısıtılarak sökülür (bk. Resim 5.110).

Resim 5.109: İndüksiyon makinesi

c. Hidrolik Sistemlerden Yararlanarak Sökme Yöntemi

Bu yöntemde temas yüzeyleri arasına çok yüksek basınçlı yağ basılarak bir yağ filmi oluşturulur. Daha sonra bilezik, mil üzerinden kolayca eksensel yönde hareket ettirilerek çıkarılır.

Resim 5.110: Hidrolik çektirmeler

5.4.1.5. Takma Yöntemleri

a. İndüksiyon Makinesi İle Isıtılarak

Genellikle rulman iç çapı 20 mm'den büyük ve ağırlığı 40 kg'a kadar olan işleminde kullanılır. Isıtılacak rulman, resimde görüldüğü gibi indüksiyon cihazının içerisine takılır. Cihaz çalıştırıldığında rulman, değişken manyetik alan içinde kalır ve hızla sınır. Rulmanın metal olmayan parçaları (keçe kapak gibi) ısınmaz. Isıtma sıcaklığı 120°C kadardır. Rulman, kısa sürede 120°C ısıtılır. Isıtma işleminin sonunda rulman takılacak olan motor miline ısı dayanımlı eldiven kullanılarak rahatça takılır.

a) Büyük çaptaki rulmanlar için **b)Küçük çaptaki rulmanlar içi**

Resim 5.111: İndüksiyon makineleri

b. Yağ Banyosu ile Isıtarak Takma

Rulmanlar, özel olarak yapılmış yağ banyolarında 70–80 ◦ C ısıtıldıktan sonra el presleri yardımıyla motor miline takılır. Yağ banyoları, yağın bulunduğu kazan ve yağı ısıtmak için ısıtıcılardan oluşur. Isıtmada genellikle elektrikli ısıtıcılar kullanılır. Ayrıca diğer ısıtma araçları da kullanılabilir.

c. Pirinç Boru ve Çekiçle Çakarak

Resim 5.112 a'da görüldüğü gibi rulman, motorun miline normal şekilde takılır. Daha sonra milin çapına uygun pirinç boru, rulmanın üstüne gelecek şekilde çekiçle çakılarak rulman yerine takılır. Ayrıca 50 mm çapa kadar çeşitli çaptaki rulmanları takma için komple takımlardan da yaralanarak takma işlemi yapılabilir. Resim 5.112 b'de görüldüğü gibidir.

Resim 5.112: a)Pirinç boru ile çakma **b)Rulman montaj seti**

d. Hidrolik Basınçla Takma

Resim 5.113'te görüldüğü gibi rulman, mil üzerine normal takıldıktan sonra mil üzerine hidrolik basınç makinesinin rulman takma kolları rulmanın yan bileziklerine temas edecek şekilde takılır. Daha sonra hidrolik pompa ile basınç uygulanarak rulmanın miline takılması sağlanır.

Resim 5.113: Hidrolik basınç makinesi

5.5. Bir ve Üç Fazlı Motorlarda Arızalar ve Giderme Yolları

5.5.1. Kolektörsüz Motorlarda Meydana Gelen Arızalar

Bir ve üç fazlı asenkron motorlarda meydana gelecek mekanik ve elektrik arızaları tespit edilip, tespit edilen bu arızaların giderme yöntemleri üzerinde durulacaktır.

Motor yol almıyor ise şu arızalar oluşmuş olabilir:

- Motor iki faza kalmıştır. Bu arızanın nedeni, yataklarda aşınma vardır veya kapak tam oturmamıştır, sigortalardan biri atmış ya da aşırı akım rölesi arızalıdır. Bu arızayı gidermek (onarmak) için sigorta yenilenir. Aşırı akım rölesinin akım ayarı yeniden yapılır yada aşırı akım rölesi değiştirilir.
- Hava aralığı eşit değildir. Bu arızanın nedeni, yataklarda aşınma vardır veya kapak tam oturmamıştır. Bu arızayı gidermek (onarmak) için yataklar kontrol edilerek arızalı olanlar değiştirilir. Kapak cıvataları sıkılır.
- Stator sargılarında kopukluk vardır. Bu arızanın nedeni klemens bağlantılarında gevşeme, kablo pabuçlarında kopukluk, bobinler veya bağlantılarda kopukluk vardır. Bu arızayı gidermek (onarmak) için klemens bağlantı somunları sıkılır. Klemense bağlanan kablo pabuçları kontrol edilir, kopma varsa yenisi takılır.

- Motor aşırı ısınıyor ve motor içinde şerare meydana geliyorsa kısa süreli gövdeye kaçak veya kısa devre vardır. Arızanın nedeni, darbe sonucunda sargılar arasında veya sargılarla gövde arasında kaçak vardır. Bu arızayı gidermek için sargılar içerisinde rutubet varsa motor kurutulur. Gövdeye kaçak var ise gövdeye kaçağı oluşturan sargı veya sargılar değiştirilir.
- Motorun gövdesinde ve yataklarda ısınma varsa yataklarda meydana gelen ısı gövdeye yayılmaktadır. Bu arızanın nedeni, motorun yükü fazladır. Bu arızayı gidermek için motorun yükü azaltılır.
- Motor tam yükte iniltili çalışıyorsa rotor çubuklarında gevşeme vardır. Bu arızanın nedeni, kısa devre halkası ile rotor çubukları arasında kopukluk vardır. Bu arızayı gidermek için rotor çubuklarının kısa devre halkasıyla olan bağlantıları kontrol edilir kopan varsa kaynak edilir.
- Motor duman çıkarıyor bobinlerde ısınma varsa hava aralığı eşit değildir. Bu arızanın nedeni, yataklardan birisinde aşınma vardır. Rulmanlar dağılmıştır. Bu arızayı gidermek için bobinlerde gerekli kontroller yapılarak arızalı olan bobin veya bobinler değiştirilir. Arızalı olan rulmanlar yenilenir.
- Rotoru sargılı asenkron motor yarı devirde çalışıyorsa rotor sargılarında kopukluk vardır. Bu arızanın nedeni, sargılar ile bilezik arasında kopukluk vardır. Fırça basıncı az olduğundan fırça bileziğe temas etmiyordur. Bu arızayı gidermek için kırılan ve aşınan fırçalar değiştirilir. Fırça basıncını sağlayan yaylar değiştirilir. Motor aşırı yüklü ise yük değiştirilir.
- Bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorlarda motor yol almıyorsa merkezkaç (santrifüj) anahtar bozuktur. Bu arızanın nedeni motor yol alırken durduğu sırada merkezkaç anahtar kontakların konumunu sürekli değiştirdiği için kontaklar bozulmuş olabilir. Bu arızayı gidermek için merkezkaç anahtar yenisi ile değiştirilmelidir.
- Yol verme kondansatörü bozuktur. Bu arızanın nedeni, kondansatörün uç bağlantıları gevşemiş olabilir. Yapısından kaynaklanan nedenlerden bozulmuş olabilir. Bu arızayı gidermek için kondansatör uçları sıkılır. Kondansatöre bağlanan uçlar, kısa devre edildiğinde motor çalışıyor ise kondansatör bozulmuştur, yenisi ile değiştirilir.
- Yardımcı sargılı asenkron motorun (daimi kondansatörlü hariç) yardımcı sargısı devreden çıkmıyorsa merkezkaç (santrifüj) anahtarın kontakları yapışmıştır. Bu arızanın nedeni ilk kalkınma anında motor devreden fazla akım çektiği için merkezkaç (santrifüj) anahtarın kontakları yapışmıştır. Bu arızayı gidermek için merkezkaç (santrifüj) anahtarın değiştirilmesi gerekir. Uzun süre motor böyle çalışırsa sargılar zarar görebilir.

5.5.2. Kolektörlü Motorlarda Meydana Gelen Arızalar

- Motor çalışmıyorsa, bu arızanın sebebi motoru besleyen kaynaktan enerji sağlanamıyordur. Bu arızayı gidermek için motoru besleyen kaynak veya şebeke kontrol edilmelidir.

- Bu arızanın sebebi fırçalar kolektör basmıyor. Bu arızayı gidermek için fırça yayı kontrol edilmeli eğer fırça eskimiş ise yenisiyle değiştirilmelidir.
- Bu arızanın nedeni yataklarda sıkışma ve kitlenme vardır. Bu arızayıgidermek için yataklar kontrol edilir arızalı yataklar değiştirmelidir.
- Endüvi ve kolektör aşırı ısınıyorsa, arızanın sebebi fırçalar kolektöre rahat temas etmiyordur. Fırçalardan kıvılcım (ark) çıkar. Arızayı giderme için fırçalar değiştirmelidir.
- Bu arızanın sebebi kolektör dilimleri arasında kısa devre vardır. Arızayı gidermek için kolektör dilimlerin arası temizlenmelidir ya da kolektör yenilenmelidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

- Bir fazlı ve üç fazlı motorların bağlantılarını yapınız.
- Motorlardaki arızaların tespit ediniz.
- Motor arızalarını gideriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
Üç fazlı bir asenkron motorun yıldız bağlanması ➢ Uygun kumanda devresinin bağlantılarını yapınız. ➢ Güç devresi için üç fazlı bir asenkron motorun klemensteki uçları Z, X, Y kendi aralarında köprüleme (kısa devre) elemanıyla birleştiriniz. U, V, W uçlarına R, S, T fazları uygulayınız. 	➢ Motorların bağlantıları için uygun el aletlerini kullanınız. ➢ Uç isimlerinde silinme varsa ölçü aletlerin (avometre) yardımıyla uçları belirleyiniz. ➢ Bağlantılarınızdan emin olduktan sonra enerji veriniz. ➢ İş güvenliği kurallarına uyunuz
Motor arızalarının giderilmesi ➢ Sargı kopuk, yalıtkanlığını kaybetmiş ise (yanmışsa) yeniden sarınız. ➢ Klemensde, gevşeme varsa bağlantı uçlarını sıkılaştırınız. Yalıtkanlığını kaybetmiş ise yenisiyle değiştiriniz. ➢ Yatak ve rulmanlarda aşınma varsa yenisiyle değiştiriniz. ➢ Fırçalar aşınmış ise yenisi ile değiştiriniz. ➢ Fırçalar kolektöre tam değmiyor ise fırça tutucunun yayını değiştiriniz.	➢ İş güvenliği kurallarına uyunuz. ➢ Onarım için uygun araç ve gereçleri kullanınız. ➢ Klemense bağlayacağınız uçlara dikkat ediniz. ➢ Rulman takmak için rulman takma takımı yoksa çekiç ve rulmana uygun pirinç boru temin ediniz. ➢ Rulmanı takılacak olan milin üzerine geçiriniz. ➢ Pirinç boruya çekiçle vurarak yerine takınız.

İşlem Basamakları	Öne
Üç fazlı bir asenkron motorun üçgen bağlanması ➢ Uygun kumanda devresininbağlantılarını yapınız. ➢ Üç fazlı asenkron motorun klemens kutusundaki U giriş ucu ile Z çıkış ucu, V giriş ucu ile X çıkış ucu ve W giriş ucu ile Y çıkış ucu köprüleme elemanıyla birleştirildikten (kısa devre) sonra giriş uçları olan U, V, W uçlarına R, S, T fazlarını bağlayınız. 	➢ Motorların bağlantıları için uygun el aletlerini kullanınız. ➢ Uç isimlerinde silinme varsa ölçü aletlerin (avometre) yardımıyla uçları belirleyiniz. ➢ Bağlantılarınızdan emin olduktan sonra enerji veriniz. ➢ İş güvenliği kurallarına uyunuz.
Bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorun devreye bağlanması ➢ Yardımcı sargı uçlarına kondansatör ve merkezkaç anahtarı seri bağlayınız. Bu seri kolun uçları ana sargıya paralel bağlayınız. Bu paralel bağlantı noktalarına faz nötr gerilimi uygulayınız . **Üniversal motorun devre bağlanması** ➢ Kutup uçlarına faz-nötr gerilimi uygulanır. Kutupların diğer uçları fırçalara bağlayınız. ➢ Mikroişlemci veya bilgisayar programı yapılan adım motorun devreye bağlayınız. ➢ Yapılan programa göre ne kadar açısal hareketi yapacağını sürücü yardımıyla gerçekleştiriniz. Sürücünün çıkışları motora bağlayınız. ➢ Göl kutuplu motorun devreye bağlayınız. ➢ Motorun faz-nötr uçlarına gerilim uygulayınız.	➢ Motorların bağlantıları için uygun el aletlerini kullanınız. ➢ Uç isimlerinde silinme varsa ölçü aletlerin (avometre) yardımıyla uçları belirleyiniz. ➢ Bağlantılarınızdan emin olduktan sonra enerji veriniz. ➢ İş güvenliği kurallarına uyunuz.

İşlem Basamakları	Öneri
Bir ve üç fazlı motorlarda meydana gelebilecek arızalar ➢ Motor klemensine kadar üç faz gelip gelmediğini kontrol ediniz. ➢ Enerji klemense kadar geliyor motor çalışmıyorsa enerjiyi güvenle kesiniz (Şekildeki resimde seri lamba görülmektedir. Uçları birleştirince lamba yanar.). ➢ Klemens kutusunu açınız. ➢ Motorun bağlantısı sökülmeden gövdeye kaçak olup olmadığı seri lamba ile kontrol ediniz. ➢ Klemens bağlantısı sökülerek sargıların sağlam olup olmadığı seri lamba ile kontrol ediniz. ➢ Sargı kopuksa lamba yanmaz. Kısa devre ise parlak yanar. Gövdeye kaçak varsa lamba yanar. ➢ İki faza kalmasının sebebi elektriksel değil mekanik ise motorun rulmanları ve yatakları kontrol ediniz. 	➢ Arızalı motorun klemens kutusundaki kapak vidalarını sökünüz. Önceden hazırladığınız boş bir eleman kutusuna atınız. ➢ Klemens vidalarına bağlı olan motor sargı uçlarını etiketleyerek sökünüz. ➢ Söktüğünüz somun, köprüleme parçalarını eleman kutusuna bırakınız. ➢ Klemensi motor gövdesinden sökünüz. ➢ Klemensin toz, nem, yağ, kir, pas gibi oluşumlarını, basınçlı hava veya fırça ile iyice temizleyiniz. ➢ Klemens vida ve somun dişlerini kontrol ederek sağlamlığını kontrol ediniz. ➢ Klemensde hiç arıza tespit etmediyseniz tekrar klemensi, klemens kutusuna vidalayınız. ➢ Motorun etiket değerleri kayıt tablosuna kaydediniz. ➢ Motor sökme kurallarına göre motoru sökün arızalı rulman ve yatak olup olmadığını kontrol ediniz. ➢ Arızalı malzemenin üzerindeki seri numaraları uygun yere yazınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına **(X)** işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Uygun kumanda devresinin bağlantılarını yaptınız mı?		
2	Güç devresi için üç fazlı bir asenkron motorun klemensteki uçları Z, X, Y kendi aralarında köprüleme (kısa devre) elemanıyla birleştirdiniz mi?		
3	Klemensde, gevşeme varsa bağlantı uçlarını sıkılaştırıp yalıtkanlığını kaybetmiş ise yenisiyle değiştirdiniz mi?		
4	Yatak ve rulmanlarda aşınma varsa yenisiyle değiştirdiniz mi?		
5	Fırçalar aşınmış ise yenisi ile değiştirdiniz mi?		
6	Fırçalar kolektöre tam değmiyor ise fırça tutucunun yayını değiştirdiniz mi?		
7	Üç fazlı asenkron motorun klemens kutusundaki U giriş ucu ile Z çıkış ucu, V giriş ucu ile X çıkış ucu ve W giriş ucu ile Y çıkış ucu köprüleme elemanıyla birleştirildikten (kısa devre) sonra giriş uçları olan U, V, W uçlarına R, S, T fazlarını bağladınız mı?		
8	Yardımcı sargı uçlarına kondansatör ve merkez kaç anahtarı seri bağlayıp bu seri kolun uçları ana sargıya paralel bağlayarak bu paralel bağlantı noktalarına faz nötr gerilimi uyguladınız mı?		
9	Kutupların diğer uçları fırçalara bağladınız mı?		
10	Yapılan programa göre ne kadar açısal hareketi yapacağını sürücü yardımıyla gerçekleştirerek sürücünün çıkışları motora bağladınız mı?		
11	Motorun faz-nötr uçlarına gerilim uyguladınız mı?		
12	Motor klemensine kadar üç faz gelip gelmediğini kontrol ettiniz mi?		
13	Enerji klemense kadar geliyor, motor çalışmıyorsa enerjiyi güvenle kestiniz mi?		
14	Motorun bağlantısı sökülmeden gövdeye kaçak olup olmadığı seri lamba ile kontrol ettiniz mi?		
15	Klemens bağlantısı sökülerek sargıların sağlam olup olmadığı seri lamba ile kontrol ettiniz mi?		
16	İki faza kalmasının sebebi elektriksel değil mekanik ise, motorun rulmanları ve yatakları kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme” ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makineye motor denir.

2. ( ) Bir fazlı asenkron motorlarda kondansatör ana sargıya seri olarak bağlanır.

3. ( ) Hem doğru gerilimde hem de alternatif gerilimde çalışan motora üniversal motor denir.

4. ( ) Servo motor rulman titreşimlerini tespit için sıcaklık ölçüm tabancası kullanılır.

5. ( ) Yataklı rulman, iç bilezik, dış bilezik, bilye ve kafesten meydana gelir.

6. ( ) Üç fazlı asenkron motorların devir yönünü değiştirmek için herhangi iki fazın yer değiştirmesi gerekir.

7. ( ) Yıldız–üçgen yol vermenin amacı motor ilk kalkınırken şebekeden daha az akım çekerek yol almasıdır.

8. ( ) Büyük güçlü motorlara mutlaka paket yıldız üçgen şalterle yol verilmesi gerekir.

9. ( ) Üç fazlı asenkron motorların klemensine çıkarılan uçlar şunlardır: U,V,W Z,X,Y'dir.

10. ( ) Üniversal motorun devir yönü endüvi uçlarının yer değiştirilmesiyle değişir.

11. ( ) Yardımcı sargılı asenkron motorlarında kullanılan santrifüj anahtar, motorun sıcaklığına bağlı olarak sargıyı devreye alır veya devreden çıkarır.

12. ( ) Bir motorun üçgen çalışabilmesi ya da yıldız-üçgen yol verile bilmesi için etiketindeki üçgen gerilimin en az bağlanacağı şebeke gerilimine eşit olması gerekir.

UYGULAMA FAALİYETİ-2

Öğretmeninizin size vereceği bir servo motoru aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek kontrollerini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Servo motorun güç soketinin kontrolünü yapınız.	➢ Servo motorlar diğer elektrik motorlarına benzediğinden sökerken diğer motor bakım modüllerine bakınız. ➢ Servo motorun bilgi kataloğuna bakınız. ➢ Motorun çeşidine göre (AC, DC) bağlantısını ve sarımını öğreniniz. ➢ Sokette herhangi bir yanma veya kararma olup olmadığına bakınız. ➢ Kablo temassızlığını kontrol ediniz.
➢ Servo motorun sinyal soketinin kontrolünü yapınız.	➢ Motorda kullanılan geri besleme elemanını öğreniniz. ➢ Sinyal kablosunda kopma olup olmadığına bakınız. ➢ Temassızlık olup olmadığına bakınız.
➢ Servo motorun geri besleme elemanının kontrolünü yapınız.	➢ Geri besleme elemanının çeşidini öğreniniz. ➢ Sinyal soketine gerekli bilgi gelmiyorsa elemanı sökünüz. ➢ Gözle görülen bir arıza olup olmadığına bakınız. ➢ Takojenaratörün sargılarını, fırça ve kollektörlerini kontrol ediniz. ➢ Resolverin sargılarını kontrol ediniz. ➢ Enkoderin elektronik kartını kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına **(X)** işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	İş güvenlik kurallarına uydunuz mu?		
2.	İş yaparken uygun takım kullanabildiniz mi?		
3.	Klemens bağlantı şekillerini belirlediniz mi?		
4.	Klemens kutusundaki sargı uçlarını kodladınız mı?		
5.	Klemens kutusunda hangi kablo bağlantıları var öğrendiniz mi?		
6.	Sinyal kablolarını diğer bağlantılardan ayırabildiniz mi?		
7.	Geri besleme elemanlarını öğrendiniz mi?		
8.	Hangi geri beslemede hangi sorunlar olur, öğrendiniz mi?		
9.	Geri beslemenin işlevini öğrendiniz mi?		
10.	Motor bakımı için gerekli araç gereçleri öğrendiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme" ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 5.1

Aşağıda verilen cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Servo motorları normal motorlardan farklı kılan çok geniş bir …….. yerine getirecek şekilde tasarlanmış olmasıdır.

2. Servo motorlarda küçük boyuttan …….. moment elde edilebilmelidir.

3. Servo motorlar prensip olarak bir motor ve ……. ünitesinden meydana gelir.

4. Servo **m**otor ….. ya da ……. olabilir. Geri bildirim ünitesi de …… ya da …… olabilir.

5. Servo motorları ile diğer motorlar arasında birinci fark, çok hızlı …… ve ……. yapabilmeleridir.

6. Hızlanma-yavaşlama normal motorda saniyelerle ölçüldüğü hâlde servo motorlarda ……. ile ölçülür.

7. DC servo motorun diğer bir üstünlüğü de düşük hızlarda …….. üretmesidir.

8. Çan tipi rotorlu servo motorlar 3000 dev/dk. gibi yüksek hızlara …… özelliğine sahip olduğundan kullanılır.

9. Fırçasız DC servo motorda rotor ve stator yer değiştirmiştir. Bunun avantajı fırça ve kolektör sisteminin kalkması, dolayısı ile …… ve fırça/kolektör ikilisinin oluşturduğu ……. dolayı oluşan elektrik/mekanik kayıpların ortadan kalkmasıdır.

10. Fırçasız DC servo motordaki tasarım, mekanik olarak kontrol edilmediği için bobinlerin sayısının arttırılmasına da izin verdiğinden, bu motorlardan …… almak mümkündür.

11. AC servo motorun dezavantajlarından biri de …… yayılımı - kafes ısısını düşük tutmak için bir ……. şart olmasıdır.

12. AC Servo motorlar …….kW kadar büyüklükte yapılır ve genelde servo sistemlerde kullanılır.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 5.2

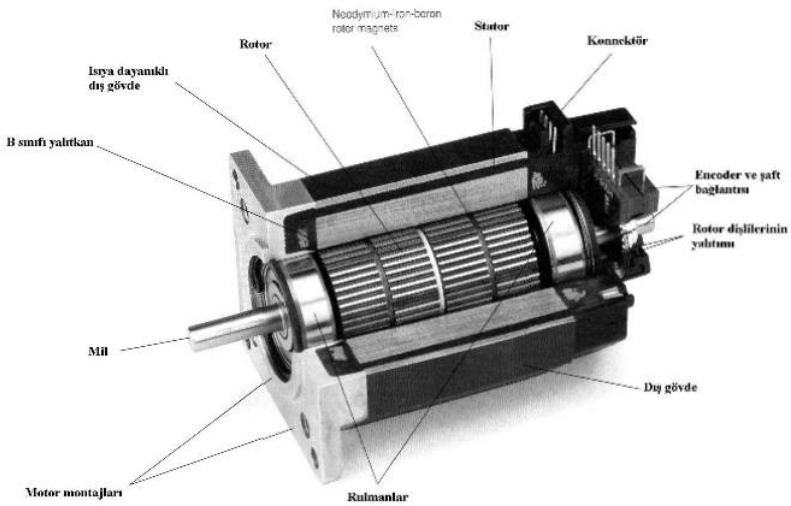
Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Adım motorları, adından da anlaşılacağı gibi …….. hareket eden yani sargılarından birinin enerjilenmesi ile sadece …… hareket eden motorlardır.
2. Adım motoru sürekli hareket ettirmek istenirse sargılara ……..verilmelidir.
3. Adım motorların otomatik ……. özelliğine sahiptir.
4. Adım motorun sargılarına uygulanacak gerilim yönüne göre rotorun hareketi …… veya …….. gerçekleştirilebilir.
5. Rotoru ince ve mıknatıslığı seyrek olacak şekilde yapılan adım motorlara **……** denir.
6. Lineer adım motorlar, ……. sürücülü motorlardır.
7. Lineer adım motorların en büyük avantajı hava aralığı, hemen hemen manyetik alandan bağımsız olduğu için …….. gerektirmez.
8. Lineer adım motoru, …… kullanılmaz.
9. Boşluk olduğu taktirde vida, boşluk mesafesi kapanana kadar boşta dönecek ve somun ancak boşluk bitiminden itibaren ilerlemeye başlayacaktır. Bu olay devir yönünün her değişiminde ortaya çıkar ve bu olaya **……**denir.
10. Step motorların çalışma esnasında pozisyon hatası yapması veya adım kaçırması durumunda, her dört adımda bir önceki durumuna göre sıfırlanarak kontrol edilmesi gerekir. Bu kontrole **……** denir.
11. Yağ banyosu ile ısıtarak takma işleminde rulmanlar, özel olarak yapılmış yağ banyolarında …….. ^{o}C ısıtıldıktan sonra …… yardımıyla motor miline takılır.
12. Rulman, mil üzerine normal takıldıktan sonra mil üzerine hidrolik basınç makinesinin rulman takma kolları …… temas edecek şekilde takılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise "Modül Değerlendirme"ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME



İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Step motorun tipini belirleyiniz.	➢ Step motorun üzerindeki etiket değerlerine ve ürün kataloğuna bakınız.
➢ Step motorun aktarma organlarından sökünüz.	➢ Sökme işlemini yaparken kartekse gerekli kayıt işlemlerini yapınız.
➢ Step motorun sargı kontrollerini yapınız.	➢ Sargılarda kopukluk kontrolü ve sargı uçlarını tespit ediniz.
➢ Step motorun yerine montajını yapınız.	➢ Montaj işlemi sırasında bilgi sayfalarından yardım alınız.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖLÇME DEĞERLENDİRME-1'İN CEVAP ANAHTARI

1.	**C**
2.	**A**
3.	**B**
4.	**C**
5.	**A**

ÖLÇME DEĞERLENDİRME -2'NİN CEVAP ANAHTARI

1.	**D**
2.	**B**
3.	**C**
4.	**B**
5.	**B**

ÖLÇME DEĞERLENDİRME -3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1.	**D**
2.	**C**
3.	**A**
4.	**B**
5.	**C**

ÖLÇME DEĞERLENDİRME -4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1.	**A**
2.	**A**
3.	**C**
4.	**A**
5.	**B**

ÖLÇME DEĞERLENDİRME -5'NİN CEVAP ANAHTARI

1	**D**
2	**Y**
3	**D**
4	**Y**
5	**D**
6	**D**
7	**D**
8	**Y**
9	**D**
10	**D**
11	**Y**
12	**D**

ÖLÇME DEĞERLENDİRME -5.1 CEVAP ANAHTARI

1	hız komutunu
2	büyük
3	geri bildirim
4	DC, AC, tako genaratörü , kodlayıcı
5	ivmelendirme, frenleme
6	milisaniye
7	yüksek tork
8	çok çabuk ulaşabilme
9	sürtünmeden, dirençten
10	çok yüksek tork almak
11	yüksek ısı, fan
12	bir

ÖLÇME DEĞERLENDİRME -5.2 CEVAP ANAHTARI

1	adım adım, 1 adım
2	sırasıyla enerji
3	kilitleme
4	saat ibresi yönünde (CW), saat ibresinin tersi yönünde (CCW)
5	disk tipi sabit mıknatıslı adım motor
6	direkt
7	hiç bakım
8	ticari endüstriyel robotlarda
9	backlash
10	motor pozisyonundaki mutlak doğruluk
11	70–80, el presleri
12	rulmanın yan bileziklerine

KAYNAKÇA

- ALACACI Mahmut, **Elektrik Meslek Resmi**, 2003.
- ALACALI Mahmut, Adem ALTUNSAÇLI, **Elektrik Makineler,**
- ALTUNSACLI Adem, **Elektrik Makineleri**
- BADUR Özdemir, **Elektrik Kumanda Devreleri,**
- BAL Güngör, **Özel Elektrik Makineleri**, Seçkin Yayınları, Ankara, 2004.
- GÖRKEM Abdullah, **Elektrik Makinelerinde Bobinaj**
- GÜRDAL Osman, **Elektrik Makineleri Tasarımı**
- MEB Yayınları, **Elektrik Makineleri**, Cilt: 2 ve Cilt :3
- SARIOĞLU Kemal, **Elektrik Makineleri Temelleri**, Cilt: 3
- TEMİZ İsmail, **Bulanık Mantık Yöntemiyle Bir Servo Motorun Kontrolü ve Geleneksel Yöntemlerle Karşılaştırılması**, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2005.
- TURGAY Mamur, **Fırçasız Servo Motorlar Yapıları ve Kontrol Esasları**, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ocak, 1996.
- www.elk.itu.edu.tr.